Tauchsportverband Österreichs

BREVET *&**

Version TSVÖ 2007
Zauchner/Beuster

Vorwort des Tauchlehrers

Vor 30 Jahren genügte es noch, wenn ein Taucher mit Uhr, Messer und Tiefenmesser ausgerüstet war. Die „Neunziger-Regel“ sagte ihm, wie lang er tauchen durfte und die Reserveschaltung am Flaschenventil konnte ihn vor Luftmangel schützen. Dekompression war ein Buch mit 7 Siegeln, mit dem sich niemand beschäftigen wollte.

Die Entwicklung blieb nicht stehen. Ausrüstungsgegenstände wurden immer zweckmäßiger und zuverlässiger. Der Tauchcomputer brachte eine grundlegende Vereinfachung des Tauchens. Gemeinsam mit Finimeter und Kompass haben Taucher heute Instrumente, welche allen Anforderungen gerecht werden. So lange ein Taucher mit seinen Instrumenten richtig umgeht, die Anzeigen respektiert und im Notfall auf eine „Sicherheitsreserve“ in der Gestalt seines Tauchpartners zurückgreifen kann, wird er seine Tauchgänge sehr sicher gestalten können.

Auch die modernsten und heute allseits üblichen Tauchcomputer können nicht alle individuellen Unterschiede von Tauchern erfassen. Es ist daher wichtig, dass ein Taucher versteht, welche physiologischen Vorgänge in seinem Körper ablaufen. Je mehr ein Taucher darüber weiß, desto besser kann er sein Tauchverhalten an die jeweilige Situation anpassen. Die persönliche Sicherheit eines Tauchers wird erhöht, wenn er erkennen kann, ob er selbst vom „durchschnittlichen Taucher“ abweicht und wenn er weiß, wie er darauf reagieren muss.

Mikrobläschen, die im Laufe des Aufstiegs und auch noch danach in den Körpergeweben auftreten, sind heute weitgehend bekannt und deshalb kein unlösbares Rätsel mehr. Taucher haben inzwischen gelernt, mit ihnen umzugehen. Der Aufstieg kann „blasenarm“ gestaltet werden, so dass von den restlichen Bläschen eine nur relativ geringe Gefährdung des Tauchers ausgeht.

Die hier vorgestellte Tauchgangsplanung hilft dem Taucher abzuschätzen, wie lang er unter Wasser verweilen kann und mit welchem „Flaschendruck“ er aufsteigen muss. Will ein Taucher auf einem Tauchschiff mehrmals pro Tag tauchen, so muss seine Planung darauf Rücksicht nehmen. Besondere Tauchvorschriften gibt es für Seen, welche über dem Meeresniveau liegen. Österreichische Tauchschulen müssen die Ausbildung so gestalten, dass ihre Tauchschüler auf alle diese Besonderheiten vorbereitet werden.

Eine Übereinstimmung von Computern und Tabellen kann nur dann erreicht werden, wenn dasselbe Rechenmodell bzw. gleichartige sog. Koeffizientensätze angewendet werden. Es wurde daher in diesem Skriptum erstmals das Rechenmodell ZH-L16 B von Prof. Bühlmann zur Berechnung einer „Null-Meter Planungstabelle“ verwendet. Das Rechenmodell bildet die Grundlage der „Zuschlagsmethode“, mit welcher Tauchgänge in beliebiger Seehöhe geplant werden können.

Am Ende jedes Abschnittes wurden „häufig gestellte Fragen“ mit Antworten eingefügt, damit der Leser überprüfen kann, wie weit er die wesentlichen Inhalte verstanden hat. Die Ausbildung soll den Taucher zu einem umweltschonenden Verhalten anleiten, damit die Schönheit der Tauchplätze und ihr Fischreichtum erhalten bleiben.

Ing. H. Zauchner
Leiter der CMAS-Arbeitsgruppe „Altitude Diving“

Vorwort des Taucharztes

Sei es allein das Empfinden der Schwerelosigkeit (der Weltraumspaziergang des „kleinen Mannes“), der Zutritt in eine für uns „fremde“ Umgebung mit technischen Hilfsmitteln, das Erleben der Natur – jeder hat andere Motive für die Ausübung des Tauchsports. Tauchen ist eine Faszination. Allerdings ist es – wie auch die meisten anderen Sportarten – nicht ganz gefahrlos. Seit Jahrzehnten werden die Auswirkungen der Druckänderungen und die Zusammensetzung der Atemgase erforscht, die technische Ausrüstung optimiert und die Taucher besser geschult, um die Zahl der Unfälle, die trotz Beachtung aller vorgegebenen Regeln passieren, zu reduzieren.

Die physiologischen Abläufe beim Tauchen können heute erklärt und vorausgesagt werden. Trotzdem sind viele Zusammenhänge noch nicht erforscht. Immer wieder gibt es neue und auch verblüffende Erkenntnisse, die an Hand von Studien und Unfällen gewonnen werden und die es in den Bestand des Wissens einzugliedern gilt. Waren es früher wenige Grundregeln, nach denen getaucht wurde, so ist es heute eine Vielzahl von Überlegungen und Empfehlungen, nach denen sich Taucher richten sollen, um „ihren“ Sport möglichst sicher ausüben zu können. So war „die Dekompression“ in der Praxis lange ein Begriff, der mit dem Einhalten von Dekompressions-Stopps gleichgesetzt und von einem Tauchgang in der „Nullzeit“ deutlich unterschieden war. Heute lernt jeder Tauchanfänger, dass die Dekompression ein fließender Vorgang ist, der bestimmten Verhaltensmustern folgt, um die Rückkehr aus jeder Tiefe zur Wasseroberfläche sicher zu gestalten.

Verglichen mit anderen Sportarten ist die Unfallhäufigkeit beim Tauchen relativ gering. Durch Einhalten einer Aufstiegsgeschwindigkeit von 10 m/min, die Einführung des „Sicherheits-Stopps“ in 3–6 m am Ende eines Tauchgangs und die breite Anwendung von Tauchcomputern waren die absoluten Unfallzahlen trotz Zunahme der Gesamtzahl der Taucher in den letzten Jahren kaum steigend. Was sich jedoch geändert hat, ist das Bild der Symptome von Unfallopfern: Die typischen „leichten“ Erscheinungen traten in den Hintergrund, schwere, das zentrale Nervensystem (Gehirn und Rückenmark) betreffende Ausfälle werden häufiger beobachtet. Die noch so exakt kalkulierten, mathematischen Modelle der Dekompressionsvorgänge können nicht alle Vorgänge im menschlichen Körper ausreichend berücksichtigen.

Diese Erkenntnisse haben zu intensiven Forschungstätigkeiten Anlass gegeben, bei denen Tauchcomputer der letzten Generation, welche die Tauchgänge exakt aufzeichnen, ein wichtiges Hilfsmittel darstellen. Mit sog. „Doppler-Sonden“ werden Gasblasen im Blut nach Tauchgängen registriert. Auf diese Weise konnten Daten von vielen tausend Tauchgängen gewonnen und ausgewertet werden, die zu neuen Erkenntnissen geführt haben. Obwohl diese Forschungen noch lange nicht abgeschlossen sind, lassen die gewonnenen Ergebnisse bereits einen klaren Trend erkennen: Die bisher üblichen Dekompressionsprofile müssen offensichtlich modifiziert werden, um Fehlverhalten und daraus folgenden schweren Tauchunfällen noch besser vorbeugen zu können.

Die Empfehlungen für künftige Verhaltensweisen bei der Dekompression müssen wissenschaftlich fundiert, in der Praxis umsetzbar, von Tauchorganisationen vertretbar und so aktuell wie möglich sein, wenn sie eine breite Akzeptanz finden sollen. Das inkludiert aber auch die Bereitschaft der Taucher, neue Entwicklungen anzuerkennen und sich flexibel darauf einzustellen. Ein Teil des Skriptums widmet sich diesem interessanten Thema aus mehreren Blickwinkeln und soll dazu beitragen, die mit der Dekompression verbundenen Probleme besser zu verstehen, um das Tauchen sicherer zu gestalten.

Dr. W. Beuster

Leiter der Tauchmedizinischen Kommission des TSVÖ 2004 - 2007

Ein besonderer Dank ergeht

an Horst Flunger für die vielen praktischen Anregungen und seinen unermüdlichen Einsatz, an Saskia Huijsmans, Hannes Graf und Model Nicole, Brian Byrne und Erwin Jenewein, an Wolfgang Singer, Hans Unterberger, Martin Heis und Wolfgang Klose.

..... und noch eine Entschuldigung an alle „Leser und -Innen“, dass nicht alle „Taucher und -Innen“ getrennt gewürdigt werden, wie es heute allgemein üblich ist.

Alle in diesem Skriptum enthaltenen Angaben und Zusammenhänge sind nach bestem Wissen bearbeitet und sorgfältig geprüft worden. Inhaltliche Fehler können jedoch nicht völlig ausgeschlossen werden. Daher erfolgen die Angaben ohne jegliche Haftung oder Garantie.

Alle Rechte, die mit der Verbreitung und Vervielfältigung dieses Skriptums zusammenhängen, bleiben den beiden Autoren vorbehalten.

Autoren: Helmut Zauchner
Leiter der CMAS Arbeitsgruppe „Altitude Diving“

Wilfried Beuster
Leiter der Tauchmedizinischen Kommission des TSVÖ von 2004 - 2007
Medizinischer DAN Vize-Direktor für Deutschland, Österreich, Ungarn

Version: TSVÖ 2007

Letzte Revision: März 2008

Inhaltsverzeichnis

1 Sporttauchen 9
1.1 Warum will jemand tauchen lernen? 9
1.2 Welche Besonderheiten gibt es im Bergland? 9
1.3 Wo kann man tauchen lernen? 9
1.4 Anforderungen an Taucher 9
1.5 Kursablauf 10
1.6 Theorieausbildung 10

2 Tauchtechnik 11
2.1 Grundausrüstung („ABC-Ausrüstung“) 11
2.1.1 Tauchermaske 11
2.1.2 Schnorchel 11
2.1.3 Flossen 12
2.2 Ausrüstung zum „Gerätetauchen“ 13
2.2.1 Das Presslufttauchgerät (PTG) 13
2.2.2 Tarierjacket 15
2.2.3 Atemregler mit Finimeter und Inflatorschlauch 16
2.2.4 Tauchanzüge 18
2.2.5 Bleigürtel 19
2.2.6 Füßlinge 20
2.2.7 Handschuhe 20
2.2.8 Tauchermesser oder Schneidewerkzeug 20
2.2.9 Tauchcomputer 20
2.2.10 Die Planungstabelle 21
2.3 Erweiterte Tauchausrüstung 21
2.3.1 Kompass 21
2.3.2 Taucherlampe 21
2.3.3 Signalpfeife 22
2.3.4 Taucherbojen 22
2.3.5 Signalboje (DSS, Diver Signaling System) 22
2.3.6 Taucherflaggen 23
2.3.7 Textilhandschuhe 23
2.3.8 Strömungshaken 23
2.3.9 Notlampe 23
2.4 Die Ausrüstung sollte nach einer Tauchpause überprüft werden 23
2.5 Atemluftkompressoren 23
2.6 Tauchtechnik - Fragen und Antworten 24

3 Physik ist die Grundlage für sicheres Tauchen 26
3.1 Luft und Luftdruck 26
3.2 Wasser und Wasserdruck 26
3.3 Temperatur 27
3.4 Der Auftrieb (Gesetz von Archimedes) 27
3.5 Sehen unter Wasser 27
3.6 Hören unter Wasser 28
3.7 Gasgesetze für ideale Gase 28
3.7.1 Das Gesetz von Boyle-Mariotte 28
3.7.2 Gesetz von Amontons 29
3.7.3 Gesetz von Gay-Lussac 29
3.8 Das Gesetz von Dalton 30
3.9 Das Gesetz von Henry 30
3.10 Tauchphysik - Fragen und Antworten 31

4 Physiologie 32

4.1 Gastheorien 32
4.2 Gewebemodell 32
4.3 Theorie der Mikrobläschen 32
4.4 Was passiert in den einzelnen Phasen eines Tauchgangs? 33
4.4.1 Grundzeit 33
4.4.2 Austauchphase 33
4.4.3 Der Umgebungsdruck hält das Gas in Lösung 33
4.4.4 Zwei Sicherheitsstopps während der Austauchphase vermeiden Blasen 34
4.4.5 Die Nullzeit 34
4.5 Tauchgänge 35
4.5.1 Tauchgänge in der Nullzeit 35
4.5.2 Tauchpausen 35
4.5.3 Wiederholungstauchgänge und Dekotauchgänge 35
4.5.4 Tauchgänge in Bergseen 36
4.6 Fliegen und Passfahrten nach dem Tauchen. 37
4.7 Zusammenfassung der Faktoren, die das Austauchverhalten bestimmen 37
4.8 Können alle Tauchunfälle vermieden werden? 38
4.9 Physiologie: Fragen und Antworten 39

5 Tauchmedizin 41
5.1 Atmung 41
5.2 Blut und Kreislauf 41
5.3 Luftgefüllte Hohlräume des Körpers und Druckausgleich 41
5.3.1 Barotrauma 42
5.3.2 Hyperventilation 46
5.4 Dekompressionsunfall 46
5.4.1 Verdacht auf Tauchunfall 47
5.4.2 Sofortmaßnahmen bei Tauchunfall 47
5.5 Beinahe-Ertrinken 48
5.5.1 Ablauf des Ertrinkens 48
5.5.2 Ertrinken – Beinahe-Ertrinken 48
5.5.3 Beinahe-Ertrinken im Süß- und Salzwasser 49
5.5.4 Hauptproblem: Sauerstoffmangel 49
5.5.5 Sofortmaßnahmen bei Beinahe-Ertrinken 49
5.6 Inertgasnarkose („Tiefenrausch“) 49
5.7 Sauerstoffvergiftung 50
5.7.1 Symptome der Sauerstoffvergiftung 50
5.7.2 Prophylaxe und Sofortmaßnahmen bei Sauerstoffvergiftung 50
5.8 Kohlenmonoxidvergiftung 51
5.8.1 Symptome der Kohlenmonoxid-Vergiftung 51
5.8.2 Prophylaxe und Sofortmaßnahmen bei Kohlenmonoxid -Vergiftung 51
5.9 Kohlendioxidvergiftung 51
5.9.1 Ursachen einer CO_2-Erhöhung beim Tauchen 51
5.9.2 Symptome der Kohlendioxid -Vergiftung 52
5.9.3 Prophylaxe und Sofortmaßnahmen bei Kohlendioxid -Vergiftung 52
5.10 Wärme- und Kälteexposition 52
5.10.1 Hitzschlag 52
5.10.2 Unterkühlung 52
5.11 Schock 53
5.12 Unfallmanagement am Tauchplatz 53
5.13 Lebensrettende Sofortmaßnahmen 53
5.13.1 Kontrolle der Ansprechbarkeit (des Bewusstseins) 54
5.13.2 Freilegen der Atemwege 54
5.13.3 Kontrolle der Atmung 54
5.13.4 Herz – Lungen – Wiederbelebung (HLW) 54
5.13.5 Wiederbelebungsrhythmus 54

5.13.6 Notfallbeatmung 55
5.13.7 Verständigung des Rettungsdienstes 55
5.13.8 Koordination der HLW 55
5.13.9 Stabile Seitenlage 56
5.14 Erste Hilfe Kurs 56
5.15 Tauchmedizin - Fragen und Antworten 56

6 Computer, Tabellen und der Tiefenzuschlag 58
6.1 Tauchcomputer 58
6.1.1 Arbeitsweise und Eigenschaften 58
6.1.2 Anwendung 59
6.2 Tabellen 60
6.3 Der Dekoplaner 61
6.3.1 Tabelle für den Ersttauchgang 61
6.4 Die Tauchgangsplanung mit Tabellen dient der Sicherheit 62
6.4.1 Der durchschnittliche Luftverbrauch 62
6.4.2 Der „Druckverbrauch“ 63
6.4.3 Der „Druckverbrauch“ während der Austauchphase 63
6.4.4 Der „Druckverbrauch“ für den „standardisierten Aufstieg“ 63
6.5 Planung des Gasverbrauchs 64
6.5.1 Planungsbeispiel für einen Ersttauchgang 64
6.5.2 Planung eines Wiederholungstauchgangs 65
6.5.3 Noch 2 praktische Beispiele 67
6.5.4 Wie wird die Seehöhe berücksichtigt? 67
6.6 Computer und Tabellen - Fragen und Antworten 68

7. Tauchpraxis 69
7.1 Schnorcheltauchen 69
7.1.1 Der Einstieg ins Wasser 69
7.1.2 Flossenschwimmen 69
7.1.3 Abtauchen 70
7.1.4 Auftauchen 70
7.2 Tauchen mit Pressluft 70
7.2.1 Vorbereitung 71
7.2.2 Funktionsprüfung 71
7.2.3 Sicherheitsmaßnahmen im Hallenbad 71
7.2.4 Die wichtigsten Handzeichen 72
7.2.5 Übungen zur Beherrschung der Ausrüstung 72
7.2.6 Übungen zur Stressbewältigung 73
7.2.7 Ablegen und Versorgen der Ausrüstung 75
7.3 Tauchausbildung im Freiwasser 75
7.4 Sicherheitsregeln 75
7.4.1 Vor dem Tauchgang 75
7.4.2 Während des Tauchgangs 76
7.5 Übungstauchgänge 77
7.5.1 Gewöhnungstauchgang 77
7.5.2 Übungen zur Beherrschung von Ausrüstung und Aufstieg 77
7.5.3 Übungen zur Stressbewältigung 77
7.5.4 Praktische Empfehlungen für sicheres Tauchen 78
7.6 Notfälle 78
7.7 Umweltschutz 79
7.7.1 Verhalten des Tauchers 79
7.7.2 Schutz des Eigentums, Tauchgenehmigung 80
7.7.3 Belastung heimischer Tauchgewässer 80
7.8 Tauchpraxis - Fragen und Antworten 80

8 Anhang 82

1 Sporttauchen

1.1 Warum will jemand tauchen lernen?

Ob man das Sporttauchen als Naturbeobachter oder Fotograf, als Tauchausbilder oder „nur" als Tauchtourist betreibt, es soll in erster Linie Freude machen. Beim Tauchen ist man nicht unbedingt auf Atemgeräte angewiesen. Auch Schnorcheln, Unterwasser-Rugby, Apnoetauchen und andere Formen des „Freitauchens" machen Spaß. Tauchen ermöglicht uns eine schwerelose Bewegung im dreidimensionalen Raum. Beim Tauchen bewegen wir uns in einem für uns „fremden" Milieu. Unwissenheit, Leichtsinn und Selbstüberschätzung gefährden den Taucher. Eine solide und möglichst umfassende Ausbildung ohne Zeitdruck ist somit die Grundlage für sicheres Tauchen.

1.2 Welche Besonderheiten gibt es im Bergland?

Österreich ist ein gebirgiges Land und all seine Seen liegen über Meeresniveau, oft sogar in großen Höhen. Süßwasserseen sind auch im Sommer schon ab einer geringen Tiefe recht kalt und die Sicht unter Wasser ist durch Schwebeteilchen zum Teil stark eingeschränkt. Der verminderte Luftdruck erfordert ein angepasstes Tauchverhalten. Ein Taucher, der mit diesen Besonderheiten unserer Alpenseen umgehen kann, ist mit seiner Ausbildung auch für andere Tauchgewässer gut vorbereitet.

1.3 Wo kann man tauchen lernen?

Neben den diversen Tauchsportvereinen, welche Ausbildungskurse anbieten, hat sich im Lauf der Zeit auch eine Reihe von kommerziellen Tauchschulen etabliert. Viele Tauchsportvereine sind der CMAS (Confédération Mondiale des Activités Subaquatiques) angeschlossen. CMAS ist eine weltumspannende „non profit" Organisation, die Empfehlungen für die Ausbildung von Tauchern abgibt. In Österreich wird die CMAS durch den TSVÖ (Tauchsportverband Österreichs) vertreten. Der TSVÖ ist von der CMAS autorisiert, den Ausbildungsstandard für die einzelnen Ausbildungsstufen von Tauchern festzulegen und stellt internationale Zertifikate (Brevets) aus. TSVÖ-Tauchlehrer sind „staatlich geprüfte Lehrwarte", die nach den Richtlinien der CMAS an der Bundeslehranstalt für Leibeserziehung in Wien ausgebildet wurden. Sie garantieren in den Mitgliedsvereinen einen hohen Ausbildungsstand. „CMAS-Brevets" werden weltweit anerkannt.

1.4 Anforderungen an Taucher

Tauchen muss nicht als Leistungssport verstanden werden. Auch das Alter spielt keine vorrangige Rolle. Tauchen kann sogar von körperlich Behinderten mit Erfolg erlernt werden. Ein Taucher muss jedoch in guter körperlicher Verfassung sein. Ein tauchmedizinisch ausgebildeter Arzt soll schon vor Beginn der Ausbildung nach einer gründlichen Untersuchung entscheiden, ob Herz, Kreislauf, Ohren und Atmungsorgane in Ordnung sind und keine anderen Gründe vorliegen, welche gegen die Ausübung des Tauchsports sprechen.

Gegenüber anderen Wassersportarten erfordert die technische Natur des Tauchens auch Wissen über physikalische und physiologische Vorgänge, welche durch Druckänderungen bedingt sind. Die Belastungen eines Tauchers sind überwiegend mentaler Natur. Es wird aber auch körperliche Ausdauer und Geschicklichkeit im Bewegungsablauf verlangt. Dazu kommen Kenntnisse über Besonderheiten der Fortbewegung und der Atmung unter Wasser. Das „Schnuppertauchen" ist der einfachste Weg, um zu erfahren, ob Tauchen die „richtige" Sportart für den Interessierten ist. Vorkenntnisse sind vielleicht hilfreich, aber nicht notwendig, um tauchen zu lernen. Die Motivation ist entscheidend.

1.5 Kursablauf

Eine (taucher-) ärztlich attestierte „Tauchtauglichkeit“ wird von jedem Kursteilnehmer vorausgesetzt. Die praktische Ausbildung beginnt im Schwimmbad. Sie erfolgt zunächst ohne und in weiterer Folge mit Presslufttauchgeräten. Sie wird entweder von Tauchlehrern oder von speziell ausgebildeten Übungsleitern durchgeführt. Dabei erwirbt der Tauchschüler die Sicherheit im Umgang mit der Tauchausrüstung und gewöhnt sich an die Bedingungen unter Wasser. Der Unterricht ist so gestaltet, dass Ausdauer, Geschicklichkeit und das Verhalten auch in „stressbelasteten Situationen“ geübt werden.

Parallel dazu erfolgt die Theorieausbildung im Lehrsaal. Tauchausrüstung, Tauchphysik & Physiologie, Tauchmedizin, sicheres Tauchverhalten und Gewässerschutz sind Schwerpunkte des Unterrichts. Ein Erste Hilfe Kurs, in dem die „lebensrettenden Sofortmaßnahmen“ besonders nach Tauchunfällen erlernt werden, vervollständigt die Ausbildung.

Sobald der Tauchlehrer erkennt, dass die Erfordernisse für die praktische und die theoretische Prüfung erreicht sind, kann mit Tauchgängen im Freiwasser begonnen werden. Nach bestandener theoretischer und praktischer Prüfung werden der TSVÖ-Taucherpass und das CMAS-Brevet ausgestellt.

1.6 Theorieausbildung

Der angehende Taucher lernt die Tauchausrüstung kennen. Er lernt, welche Umstände seinen Aufenthalt unter Wasser beeinflussen, welche Gefahren es für seine Gesundheit und die seiner Tauchpartner gibt, wie er sie erkennen und vermeiden kann und er lernt den sicheren und geordneten Ablauf seiner Tauchgänge selbst zu planen und zu gestalten.

Die Inhalte des Skriptums orientieren sich an den Vorgaben der CMAS. Sie sind jedoch auf österreichische Verhältnisse zugeschnitten. Das Skriptum beginnt mit der notwendigen Tauchausrüstung und beschreibt die biophysikalischen Besonderheiten bei Aufenthalt unter Druck. Der Ablauf des Aufstieges zur Wasseroberfläche - die sog. „Dekompression“ - hat nun in der Theorie der TSVÖ- Ausbildung neben der Tauchmedizin den Stellenwert bekommen, der ihr zur Unfallverhütung zusteht.

Eine im Einvernehmen mit CMAS neu entwickelte Tabelle erhöht die Sicherheit von angehenden Tauchern, weil sie eine umfassende Tauchgangsplanung unmittelbar vor dem Tauchgang ohne mühsame, fehlerbehaftete Berechnungen ermöglicht. Praktische Schnorchel- und Tauchübungen werden beschrieben und am Ende des Skriptums wird auf den Umweltschutz eingegangen. Das Skriptum dient als Grundlage für die theoretische Prüfung, bei der die notwendigen Grundkenntnisse für diese Sportart getestet werden.

! **Hinweis:** Mit dem CMAS Brevet* ist jeder Taucher befähigt, selbständig mit Partnern der gleichen Ausbildungsstufe sog. Nullzeittauchgänge bis in 10 m Tiefe durchzuführen. Der neu ausgebildete Brevet* Taucher kann dann beginnen, in Begleitung von Tauchpartnern mit „höherer“ Ausbildungsstufe Taucherfahrung in langsam zunehmenden Tiefen bis max. 30 m zu sammeln.

Im Anschluss an den Brevet* Kurs besteht die Möglichkeit zur Weiterbildung in Form von verschiedenen „Zusatzbrevets“, wie „Rettungstechnik“, „Tauchen mit Trockentauchanzügen“, „Nitroxtauchen“ und anderes mehr. Mit der Erfahrung von etwa 25 Freiwassertauchgängen ist es sinnvoll und möglich, mit der nächsten Ausbildungsstufe (Brevet**) zu beginnen. Dieses Skriptum beinhaltet bereits den Lehrstoff für die CMAS** Ausbildung.

2 Tauchtechnik

2.1 Grundausrüstung („ABC-Ausrüstung“)

Gute Tauchsporthändler beraten angehende Taucher beim Einkauf. Bei manchen kann man die Ausrüstungsteile – wenn nötig – sogar umtauschen.

2.1.1 Tauchermaske

Die Maske bildet einen Luftraum vor den Augen, und schafft damit Verhältnisse, die für scharfes Sehen notwendig sind. Sie muss – ohne Druckstellen zu erzeugen – dicht sitzen. Bevor man eine Maske kauft, sollte man sie (ohne Maskenband) ans Gesicht halten und etwas Luft durch die Nase ansaugen. Wenn die Maske auf diese Art hält, ist sie dicht.

Tauchermaske

Die Maske muss einen gut zugänglichen „Nasenerker“ haben. In einem kalten See werden dicke Neoprenhandschuhe getragen. Um den Druckausgleich zu ermöglichen, müssen die Nasenflügel problemlos erreicht werden können. Das „Druckausgleichmanöver“ sollte deshalb mit Handschuhen probiert werden. Weitere Kriterien für die Auswahl der richtigen Maske sind ein möglichst großes Gesichtsfeld, Scheiben aus Sicherheitsglas, eine doppelte Dichtlippe und ein stabiles, geteiltes Maskenband. Für Brillenträger gibt es Modelle mit optischen Gläsern, welche individuell angepasst werden können.

Mit zunehmendem Umgebungsdruck wird der Maskenkörper immer stärker ans Gesicht gepresst. Der Druck außerhalb der Maske steigt während des Abtauchens an, so dass innerhalb der Maske ein relativer Unterdruck (Sogwirkung auf die Augen) entsteht. Atmet man beim Abstieg rechtzeitig und sparsam durch die Nase in die Maske aus, so wird sie belüftet und damit der Druckausgleich herbeigeführt. „Schwimmbrillen“ (ohne Nasenerker) sind für das Tauchen ungeeignet, da sie keinen Druckausgleich im Luftraum der Brille ermöglichen. „Freitaucher“ (ohne Pressluft-Tauchgerät) bevorzugen ein kleines Maskenvolumen, damit sie für den „Druckausgleich“ in der Maske im Zuge des Abtauchens weniger Luft benötigen.

Damit die Maske beim Tauchen nicht beschlägt, wird vor dem Tauchen auf die trockene Innenfläche der Scheibe ein dünner Speichelfilm aufgetragen und wieder abgespült. Wenn die Maskenscheibe nicht klar bleibt, kann man zu Hause versuchen, mit Zahnpasta und einem weichen Tuch den störenden Belag „weg zu polieren“. Es gibt aber auch Reinigungsmittel, die das Beschlagen der Scheibe verhindern.

! **Hinweis:** Eine Maske soll stets in der Schutzbox aufbewahrt werden. Wenn sie jedoch im nassen Zustand in der Box liegen bleibt, bildet sich ein Pilzbelag in Form von schwarzen Rändern zwischen Glasscheibe und Maskenkörper, den man kaum entfernen kann.

2.1.2 Schnorchel

Beim Schwimmen an der Wasseroberfläche ermöglicht der Schnorchel die Atmung, während man den Grund des Gewässers durch die Maske beobachtet. Dringt beim Abtauchen Wasser in den Schnorchel ein, wird es mit einem kräftigen Luftstoß wieder hinaus geblasen. Wenn man einen Schnorchel kauft, sollte man daran denken, dass man ihn auch beim Gerätetauchen mitnehmen soll. Manche Schnorchel sind zusammenroll- oder klappbar, damit sie in die Jackettasche passen. Das Rohr des Schnorchels ist ungefähr 35 cm lang. Es soll eine glatte Innenwand haben, damit die Luft leichter strömen kann und beim Ausblasen kein Wasser zurückgehalten wird.

Schnorchel

Das Mundstück sollte angenehm und druckfrei im Mund liegen und über feste „Beißwarzen“ verfügen. Taucher mit großem Lungenvolumen können Schnorchel mit etwas größerem Durchmesser probieren. Je größer der Durchmesser, desto geringer ist der Atemwiderstand, umso mehr Luft braucht man, um den Schnorchel auszublasen. Je nach Bauart sind Schnorchel mit Ventilen ausgestattet, die das Ausblasen erleichtern. Wenn Ventilmembranen beschädigt werden, kann der Schnorchel nicht mehr verwendet werden. Das Ende des Schnorchelrohres wird oft mit einer gut sichtbaren Signalfarbe markiert, damit der Taucher an der Oberfläche von anderen Wassersportlern rechtzeitig gesehen wird.

Meist wird der Schnorchel am Maskenband befestigt, oder darunter geschoben. In der Regel wird der Schnorchel auf der linken Maskenseite fixiert, da der Atemregler überwiegend von rechts zum Mund geführt wird. Einzelne Taucher stecken den Schnorchel zu ihrem Tauchermesser, wenn dieses am Unterschenkel befestigt wird. Inzwischen gibt es eigene Schnorchelhalter. Der Schnorchel behindert dadurch beim Gerätetauchen nicht mehr und ist trotzdem immer einsatzbereit.

! **Hinweis:** Die nach dem Ausatmen im Schnorchel verbleibende Luft wird beim nächsten Atemzug wieder eingeatmet. Diese „Pendelluft“ ist sauerstoffarm und hat einen erhöhten CO_2-Gehalt. Aus diesem Grund ist es notwendig, beim Schnorcheln tief durchzuatmen. Wird nur flach geatmet, ist der Anteil der Pendelluft und somit der CO_2-Gehalt groß und der Taucher kann davon Kopfschmerzen bekommen.

2.1.3 Flossen

Sie ermöglichen eine kraftsparende Fortbewegung und die Stabilisierung der Schwimmlage im und unter Wasser. Die Hände bleiben frei.

- **Flossen mit geschlossenem Fußteil**

Sie eignen sich sehr gut für das Schwimmbad, zum Schnorcheln und Apnoetauchen. Sie haben wenig Wasserwiderstand, ein geringes Gewicht und können schnell an- und ausgezogen werden. Auf Tauchschiffen werden sie häufig auch zum Gerätetauchen verwendet.

Flossen sollten weich und geschmeidig dem Fuß anliegen. Sie dürfen keine Druck- und Scheuerstellen erzeugen. Je breiter, länger und härter das Flossenblatt und je besser die Schwimmtechnik, desto größere Schwimmleistungen kann ein Flossenschwimmer erzielen. Wird der Fußteil vor dem Anziehen ins Wasser getaucht, kann man leichter hineinschlüpfen.

- **Flossen mit offenem Fußteil und Fersenband**

Flossen sind nicht zum Gehen geeignet. Sobald ein Taucher über Geröll oder ein „Riffdach“ gehen muss, braucht er zum Schutz der Füße sog. Neopren-Füßlinge. Füßlinge werden auch im Kaltwasser verwendet. Der Fußteil einer Flosse muss daher groß genug sein, damit Füßlinge mit passender Materialstärke getragen werden können. Die Flosse wird von einem **Fersenband** gehalten. Im Vergleich zu Flossen mit geschlossenem Fersenteil sind diese Flossen meist wesentlich größer und härter. Es gibt die unterschiedlichsten Materialien und Bauformen.

Flossen

Wichtig bei der Auswahl von Flossen sind eine gute Passform und ein leicht einstellbares Fersenband, damit die Flossen bequem an- und ausgezogen werden können. Je größer und härter das Flossenblatt, desto mehr Kraft braucht der Taucher, um es zu bewegen. Die Flossen müssen vor dem Kauf immer mit Füßlingen (am Besten im Wasser) probiert werden. Für Taucher, die unter Wadenkrämpfen leiden ist eine Flosse mit geteiltem Flossenblatt oft eine akzeptable Lösung. Bei starkem Druck fächert sich das Flossenblatt auf und gibt etwas nach, ohne viel Vortrieb einzubüßen. Ein guter Vortrieb mit diesen Flossen kann erzielt werden, wenn der Taucher mit einem eher weit ausholenden und gleichmäßigen Beinschlag schwimmt.

Pflege: Flossen werden nach Gebrauch abgespült. Sie sollen nicht in der Sonne liegen bleiben. Flossen werden liegend und ohne Verformung aufbewahrt. Ein **Ersatz-Fersenband** gehört immer ins Tauchgepäck.

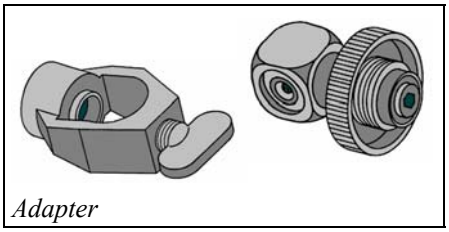
2.2 Ausrüstung zum „Gerätetauchen“

2.2.1 Das Presslufttauchgerät (PTG)

Zum Tauchen werden Stahl- und Aluminiumflaschen mit einem Volumen von 0,4 bis 20 Litern erzeugt. Auf Tauchbasen findet man meist nur 12 Liter Flaschen. Es werden auch 10 und 15 Liter Flaschen verwendet. Tauchflaschen werden manchmal mit besonderen „Montagebrücken“ zu Doppelgeräten zusammengebaut um den „Luftvorrat“ zu erhöhen.

Presslufttauchgeräte haben gewöhnlich einen Standfuß und oftmals ein Netz, welches vor Scheuerschäden schützt. Sie müssen innen blank (= metallisch rein) sein, weil eine Lackierung oder Beschichtung die Druckluft verunreinigen würde.

Im „warmen“ Meer werden durchwegs Flaschen mit einem einzigen Ventil verwendet. Für die Verwendung im Kaltwasser sollte eine Tauchflasche wegen der „Vereisungsgefahr“ grundsätzlich zwei getrennte Ventile (Doppelventil) für den Anschluss von zwei unabhängigen Atemreglern (Lungenautomaten) haben. Beim Kauf der Flasche oder wenn eine Flasche ausgeliehen wird, müssen beide Automaten montiert werden, um zu überprüfen, ob die Abstände der Ventile passen.


Adapter

Flaschenventile mit einem genormten **„deutschen“ Schraubanschluss** (DIN) erhöhen die Lebensdauer der Dichtungsringe (O-Ringe) gegenüber den **„internationalen“ Klemmbügelanschlüssen** (INT), welche nicht genormt sind und daher unterschiedlich weite Bügel haben können. Wenn der Atemregler nicht zum Ventil passt, gibt es verschiedene „Adapter“.

Übliche Tauchflaschen sind für einen Nenn- oder Betriebsdruck von 200 bar ausgelegt. Der Nenndruck wird von Tauchern oft auch als Füll- oder Füllungsdruck bezeichnet. Die Flasche ist „voll“, wenn sie **bei Raumtemperatur 200 bar Nenndruck** hat.

Beispiel:

$$"entspanntes\ Luftvolumen" = \frac{Volumen \times Flaschendruck}{Luftdruck} = \frac{10\ Liter \times 200\ bar}{1\ bar} = 2000\ Liter$$

2000 Liter „entspannte“ Luft (mit dem Druck von 1 bar) wurden mit einem Atemluftkompressor in eine 10 Liter Flasche gepresst. Stellt man sich zur Messung des Flaschendrucks „hinter“ das Tauchgerät, dann befindet sich das Handrad des Ventils gewöhnlich rechts und die Ventilöffnung zeigt nach vorn – sog. „Gebrauchslage“. Ventile öffnen „gegen den Uhrzeiger“ und schließen „im Uhrzeigersinn“.

Kennzeichnung und Prüfung eines PTG

Presslufttauchgeräte haben auf ihrer „Schulter“ vom Hersteller verschiedene Angaben eingestanzt, welche für die Zulassung als Tauchgerät erforderlich sind, aber gewöhnlich nur von Fachleuten „gelesen“ werden können.

Österreichische Vorschriften für die Kennzeichnung

Hersteller, Identifikationsnummer, technische Abnahmebehörde, CE-Zulassungsnummer, Baujahr, Gewicht, Flaschenvolumen, Nenndruck, Prüfdruck, Hinweis auf Atemluftgebrauch, Sicherheitskennfarbe (weiß für Sauerstoff, schwarz für Stickstoff), das heißt 4 Farbsegmente „geviertelt“ auf der Flaschenschulter, Gefahrengutaufkleber (= schwarze Flasche auf grünem Untergrund) sichtbar angebracht.

Kennzeichnung

Österreichische Vorschriften für die Druckprüfung (BGBl. 347/2005)

„An Flaschen für tragbare Tauchgeräte, einschließlich der Flaschen für Rettungs- und Tarierwesten ist alle zehn Jahre eine Druckprüfung und alle 40 Monate eine innere und äußere Untersuchung durchzuführen. An Flaschen, die in Atemschutzgeräten Verwendung finden, ist alle zehn Jahre eine innere und äußere Untersuchung, verbunden mit einer Druckprüfung durchzuführen.“

Die Druckprüfung erfolgt durch den TÜV oder ein anderes autorisiertes Unternehmen. Das PTG wird mit Wasser gefüllt und auf den angegebenen Prüfdruck gebracht. Sollte ein PTG dem Druck nicht standhalten, würde es ohne Folgen für die Umgebung bersten, weil sich Wasser nicht zusammendrücken lässt. Bei einer Prüfung mit Druckluft, käme es beim Bersten des PTG zu einer Katastrophe, weil explosionsartig eine große Luftmenge austreten würde. Der Prüfdruck einer Tauchflasche ist stets 50 % höher als ihr Nenn- oder Betriebsdruck. Der Berstdruck ist doppelt so hoch. Wenn der Druck einer vollen Flasche steigt, weil sie in der Sonne liegt, ist bei einer geprüften Flasche die Sicherheit gegen Bersten jederzeit gegeben.

- Ein PTG wird mit trockener und geruchloser Luft gefüllt!
- Ein PTG mit abgelaufenem Prüfdatum darf nicht gefüllt werden!
- Ein PTG darf nicht vollständig entleert werden. Eine drucklose Flasche muss geöffnet werden, um zu überprüfen, ob Wasser eingedrungen ist und sich Rost gebildet hat.
- Ein PTG wird über längere Zeiträume (z.B. im Winter) nur stehend mit ca. 50 bar Restdruck gelagert. Dabei muss es gegen Umfallen gesichert werden.
- Transport von Tauchflaschen: Im Auto muss jeder „Druckbehälter“ durch eine geeignete Befestigungsvorrichtung gegen Verrutschen gesichert transportiert werden. Oft wird die Lagerung quer zur Fahrtrichtung bevorzugt, weil man annimmt, dass das Ventil so am besten geschützt sei.

! ***Achtung:*** *Immer, wenn am PTG nicht manipuliert wird, soll es hingelegt werden. Fällt ein Tauchgerät um und schlägt mit dem Ventil oder dem Atemregler auf, können schwere Schäden auftreten. Wenn das Gas plötzlich mit hohem Druck (200 bar entspricht 200 kg/cm^2) durch ein beschädigtes Ventil austritt, besteht durch umherwirbelnde Automatenteile oder die Flasche selbst eine erhebliche Verletzungsgefahr.*

2.2.2 Tarierjacket

Das Jacket dient zum Herstellen des Schwebezustandes in jeder Tiefe unter Wasser („Tarieren“), zum Schwimmen an der Oberfläche, zum sicheren Erreichen der Oberfläche in einer Notlage, aber auch als „Rettungsmittel“ für andere Taucher. Mit dem Jacket kann das PTG bequem am Rücken getragen werden. Es gibt verschiedene Bauformen von Jackets.

Jacket

Ein Jacket besteht im Wesentlichen aus folgenden Bauteilen:

- Auftriebskörper mit Taschen (und zunehmend mit integrierten Bleieinschubtaschen)
- Rückenplatte
- Faltenschlauch mit Inflator und Mundstück
- Ein oder mehrere Auslassventile (Schnellstopp)
- Überdruckventil
- Stabile, verstellbare Vergurtung mit sog. „D-Ringen“ zum Anhängen von Ausrüstungsteilen

Das „ADV Jacket“ (Adjustable Volume) Jacket hat eine umlaufende Luftkammer, wird wie ein Rucksack getragen und hält den Taucher an der Oberfläche in einer relativ stabilen Lage. Dreht sich der Taucher auf die Seite, so schwappt die Luft jedoch von einer Seite der Luftkammer auf die andere. Die Schwimmlage ist durch die wandernde Luft nicht immer stabil, dafür ist das Jacket preisgünstig und lässt sich einfach an- und ausziehen.

Das „Stabilizing Jacket“ (Abbildung) versucht diesen Nachteil zu vermeiden. Das Luftkammersystem besteht aus drei luftgefüllten Ringen. Die Arme werden durch 2 Ringe des Westenkörpers gesteckt. Ein Ring läuft im Rückenbereich an den Seiten des PTG entlang. Alle Ringe sind durch Luftkanäle miteinander verbunden. Bedingt durch die langsam zirkulierende Luft in den Kammern ist auch bei Körperdrehungen eine stabile Schwimmlage gewährleistet. Nachteilig ist das verzögerte Schnellentlüften der Luftkammern. Diese Bauform ist durch den Auftrieb der luftgefüllten Ringe im Oberarmbereich bedingt „ohnmachtsicher“.

Das „Airtrim Jacket“ hat keinen Falteschlauch mehr. Es verwendet besondere Ventile, welche durch „Knopfdruck“ betätigt werden. Das Jacket kann im Notfall durch einen passenden Schlauch aufgeblasen werden, der in einer eigenen Tasche verstaut ist.

Das „Technische Jacket“ (Wing-Jacket) hat den Auftriebskörper im Rückenbereich. Es ist mit einer starken Vergurtung und D-Ringen ausgestattet, um daran andere Ausrüstungsteile, wie „Ponyflaschen“ oder Lampen zu befestigen. Das Tauchen ist mit diesem Jacket für viele Taucher ideal, da die mitgeführte Luft immer im Rückenbereich bleibt und im Frontbereich größte Bewegungsfreiheit gewährleistet ist. Der Aufenthalt an der Oberfläche ist dafür erheblich erschwert, da jetzt der gefüllte Luftkörper im Rücken zur ungewollten Bauchlage zwingt.

Die meisten Jackets haben **große Taschen** für die Aufnahme von Kleinteilen (Schnorchel, Tabellen und anderes mehr). Da der Bleigürtel eine Belastung für die Wirbelsäule darstellt, wurden **„bleiintegrierte“ Jackets** entwickelt. Anstatt die Gewichte nur auf dem Gurt zu tragen, werden sie in eigenen Taschen des Jackets befestigt. Dadurch wird das Gesamtgewicht besser verteilt. Im Notfall können diese Gewichte auch abgeworfen werden.

Jackets werden über einen Inflator mit Luft versorgt, welcher mit einem sog. „Mitteldruckschlauch“ am Atemregler angeschlossen ist. Sie können auch durch das Mundstück am Faltenschlauch oder durch einen eigens dafür vorgesehenen Schlauch aufgeblasen werden (oral tarieren). Die Luft aus dem Jacket sollte nicht eingeatmet werden. „Ersatzlungenautomaten“, welche anstelle des Faltenschlauchs montiert werden haben sich nicht durchgesetzt.

Damit man einen zu schnellen Aufstieg im Notfall abbremsen kann, muss jedes Jacket mit einer Einrichtung ausgestattet sein, mit der die Luft rasch abgelassen werden kann. Dieses **„Schnellstopp-Ventil“** muss bequem erreicht werden können und sicher funktionieren. Dieses Ventil dient gewöhnlich auch als Überdruckventil. Während der Inflator links am Jacket angebracht ist, sitzt das Schnellstopp-Ventil rechts. Je nach Bauform wird es durch Zug an einem eigenen Griff oder durch Zug am Faltenschlauch bedient.

Wird ein Jacket gekauft oder ausgeliehen, muss man prüfen, ob die Gurte passen und die Flasche gut am Rücken fixiert werden kann. Der **Inflator** soll mit Daumen und Zeigefinger problemlos bedient werden können, auch wenn Handschuhe getragen werden. Nur wenn das Volumen groß genug ist, erzeugt es auch in größeren Tiefen einen ausreichenden Auftrieb. Ab ca. 18 Liter ist das Volumen groß genug, um eine „Bergeübung“ sicher durchführen zu können. Eine **„Fangschlaufe“** kann verhindern, dass die Flasche aus dem Jacket rutscht, wenn sich der Haltegurt lockert. Viele Hersteller liefern nur schwarze Jackets. Wenn das Jacket eine Signalfarbe hat, wird der Taucher sowohl unter als auch über Wasser besser gesehen.

Pflege: Jackets müssen gepflegt werden. Auch das Innere des Jackets – die sog. „Blase“ – muss mit Süßwasser gespült werden. Nach der Reinigung soll das Jacket an einem schattigen, gut belüfteten Ort aufgehängt und teilweise aufgeblasen werden, um der Schimmelbildung vorzubeugen. Es wird empfohlen, den Auftriebskörper jährlich zu desinfizieren.

2.2.3 Atemregler mit Finimeter und Inflatorschlauch

Taucher können nur atmen, wenn ihnen das Atemgas mit dem Druck entsprechend der jeweiligen Tauchtiefe zugeführt wird. Da sich sowohl Flaschendruck, als auch Umgebungsdruck während des Tauchgangs laufend ändern und der Atemwiderstand klein bleiben soll, sind die Anforderungen an die Eigenschaften des Reglers so groß, dass die Druckregelung in 2 Stufen erfolgen muss. Moderne Atemregler bestehen aus einer **Hochdruck-** und einer **Niederdruckstufe**, die durch den **Mitteldruckschlauch** verbunden sind. Die 1. Stufe ist die Hochdruckstufe. Sie sitzt direkt am Flaschenventil und vermindert den Flaschendruck auf einen sog. „Mitteldruck“ von 7 – 15 bar über dem jeweiligen Umgebungsdruck. Die 2. Stufe ist die Niederdruckstufe. Sie regelt den Mitteldruck weiter auf den Umgebungsdruck.

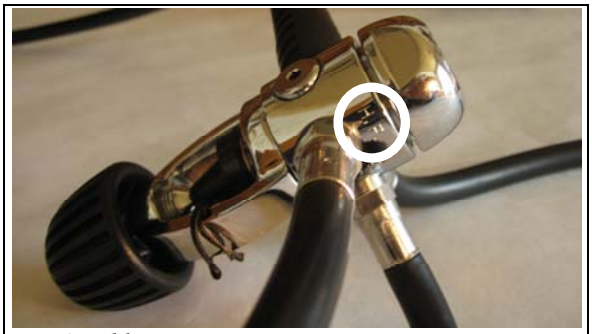
Atemregler

Vom **Hochdruckausgang** („High Pressure“, HP) der 1. Stufe führt ein Schlauch zu einer Druckanzeige, dem sog. **„Finimeter“.** Das bedeutet, dass im Schlauch der gleiche Druck wie in der Flasche herrscht (also bis zu 200 bar) und am Finimeter der Flaschendruck direkt abgelesen werden kann. Der HP-Schlauch selbst hat in der Verschraubung an die 1. Stufe eine Drossel (winzige Bohrung), welche bei einem Schlauchriss verhindert, dass der Schlauch umher „peitscht“ und ein hoher Luftverlust entsteht.

Laut EN 250-2006 darf der Luftverlust bei 100 bar Flaschendruck nicht größer als 100 Liter pro Minute sein. Das Finimeter macht es möglich, den Flaschendruck des Partners mit dem eigenen Flaschendruck zu vergleichen. Mit dem Rückzug soll grundsätzlich begonnen werden, sobald ein Taucher der Gruppe 100 bar erreicht hat. Der Bereich unter **50 bar ist meist rot markiert**, damit der Taucher seinen Aufstieg rechtzeitig beginnt. Finimeter werden oft in einer Konsole in Verbindung mit Computer und Kompass untergebracht. Um ein Durchhängen des Schlauchs zu verhindern, befestigt man den Schlauch z.B. mit einem „Schlauchhalter“ an einem D-Ring des Jackets.

Finimeter

Am Mitteldruckteil der 1. Stufe sitzt der sog. **Inflatorschlauch**, welcher das Jacket mit Luft versorgt. An einem weiteren Mitteldruckanschluss kann ein **Zweitautomat** (Oktopus) angeschlossen werden. Dazu wird der zweite Regler mit einem verlängerten Mitteldruckschlauch ausgerüstet, um die „alternative Luftversorgung“ des Partners bei Luftmangel zu vereinfachen. Oft werden beidseitig verwendbare Regler verwendet.


HP-Anschluss

Achtung: *Bei der Montage muss beachtet werden, dass noch viele ältere Lungenautomaten für die Anschlüsse von Hochdruck (HP) und Mitteldruck gleiche Gewinde haben. Die Anschlüsse dürfen nicht verwechselt werden! Es wird empfohlen, Umbauten, Wartungsarbeiten und Reparaturen grundsätzlich von Fachwerkstätten (Fachhandel) ausführen zu lassen.* **!**

Montage des Reglers:

Bevor ein Regler montiert wird, muss sichergestellt werden, dass die Ventilöffnung der Flasche sauber und trocken ist. Wenn sich Wasser im Ventilausgang befindet, wird es beim Öffnen des Ventils in den Atemregler gedrückt und kann bewirken, dass der Regler später vereist. Man stellt das Gerät in „Gebrauchslage“ vor sich und montiert die 1. Stufe des Reglers so, dass der **Mitteldruckschlauch nach rechts** zeigt. So wird auch das Mundstück wieder von rechts zum Mund geführt. Der sog. „Blasenabweiser“ befindet sich unten und verhindert, dass die Ausatemluft störend vor der Maske aufsteigt. Der Regler darf am Flaschenventil nie zu fest angeschraubt werden! **2 Finger genügen zum Festziehen.** Die Abdichtung des Sys-

tems erfolgt nicht durch kraftvolles „Anschrauben“, sondern durch den **O-Ring**, der vom Flaschendruck an den Dichtsitz gepresst wird. Bevor man einen Regler wieder abnehmen kann, muss man das Ventil schließen und den **Regler durch Drücken des Duschknopfes „entlüften“.** Mit dem Knopf der „Luftdusche“ wird die Membrane der 2. Stufe eingedrückt und dadurch das Ventil geöffnet. Man kann damit auch das Wasser aus dem Mundstück blasen und einen Hebesack oder eine Boje mit Luft füllen.

Beim Reinigen des Atemreglers wird die trockene **Schutzkappe** aufgesetzt. Es muss unbedingt darauf geachtet werden, dass kein Wasser in den Anschluss der 1. Stufe eindringen kann. Die Luftdusche darf während des Spülens auch nicht betätigt werden, da sonst über das Ventil Wasser in den Mitteldruckschlauch gelangt. Der Zweitautomat oder auch eine zusätzliche 2. Stufe („Oktopus“) sollten sorgfältig inspiziert und gereinigt werden. Wenn das nicht verwendete Mundstück frei hängt und den Grund berührt, können Sand oder andere Fremdkörper unbemerkt eindringen und die Funktion beeinträchtigen.

! **Hinweis:** Schläuche müssen vor mechanischer Verletzung und vor intensiver Sonneneinstrahlung geschützt werden. Ein sog. „Knickschutz“ am Schlauchabgang ist empfehlenswert. Beschädigte O-Ringe müssen getauscht werden – **passende Ersatzringe** gehören unbedingt ins Tauchgepäck.

2.2.4 Tauchanzüge

Tauchanzüge schützen vor Kälte und vor unbeabsichtigtem Kontakt mit dem Grund, mit Korallen und anderen Lebewesen des Meeres. Die meisten Anzüge werden aus **Neopren** gefertigt. Neopren besteht aus Kautschuk, welcher mit Wasserdampf aufgeschäumt wurde. Durch die eingeschlossenen Gasblasen wirkt Neopren als Wärmeisolator. Materialien mit mikrofeinen Blasen sind sehr druckstabil, aber weniger komfortabel in der Passform. Grob geschäumte Materialien liegen „weich“ am Körper an, verlieren aber mit zunehmender Wassertiefe sehr schnell an Materialstärke, isolieren dadurch weniger gut und verlieren Auftrieb. Neuzeitliche Innenbeschichtungen aus Schlingengewebe, welches mit Metallverbindungen beschichtet ist, vermitteln ein angenehmes Wärmegefühl, weil sie die Wärme reflektieren. Allergische Reaktionen der Haut treten selten auf. Eine äußere Textilbeschichtung des Neoprens schützt vor starkem Abrieb. Stabile Reißverschlüsse verlängern die Lebensdauer des Anzugs.

Overall mit Kopfhaube

Wenn die Kopfhaube fest mit der Jacke oder dem Overall verbunden ist, dringt weniger kaltes Wasser ein, als bei separaten Kopfhauben. Die besonders kälteempfindliche Kopf- und Nackenregion wird so besser geschützt. Die Kopfhaube muss so geschnitten sein, dass sie weder die Bewegung einschränkt, noch von der Stirne nach hinten rutscht, wenn man den Kopf nach vorne neigt. Wenn die Kopfhaube schlecht passt, sammelt sich in ihr die ausgeatmete Luft und sie wird vom Kopf gezogen.

Für Tauchanzüge finden Materialstärken von 3 bis 7 mm Anwendung. Für kalte Gewässer sind Anzüge ab 7 mm zwingend. Für tropische Gewässer (28°C bis 30°C) sind, je nach Kälteempfinden, 3 mm bis 5 mm starke Overalls zu empfehlen. „Shorties“ können die Verletzungs- und Vernesselungsgefahr weniger gut vermeiden. Dünne Kopfhauben oder Neoprenstirnbänder schützen die bedeckte Region und verringern evtl. die Gefahr einer Gehörgangsinfektion.

Nasstauchanzüge

werden so genannt, da – auch bei guter Passform – geringe Wassermengen zwischen Anzug und Haut eindringen. Sobald das Wasser vom Körper aufgewärmt ist, wird die Auskühlung des Körpers verzögert. Anzüge dürfen nicht einengen, müssen aber gut sitzen, damit das erwärmte Wasser im Anzug nicht frei fließen kann und die isolierende Wirkung möglichst lange anhält.

Der **„klassische" Zweiteiler** besteht aus einer Hose, welche auch den Oberkörper bedeckt und einer Jacke mit integrierter Kopfhaube. Je nach Modell sind Reißverschlüsse zum leichteren An- und Ausziehen eingearbeitet.

Ein **Overall** ist ein Einteiler, der mit oder ohne Kopfhaube bzw. Dichtmanschetten gefertigt wird. Ergänzend gibt es eine entsprechende Jacke, die über dem Overall angelegt wird. Auftrieb und Bleibedarf werden dadurch erhöht.

Viele Taucher verwenden an Stelle eines dicken Überziehers einen 2 – 3 mm starken „Thermounterzieher". Er hält die Wärme, hat wesentlich weniger Auftrieb und kann auch im Schwimmbad oder beim Schnorcheln verwendet werden.

Halbtrockene (Semidry-)Anzüge

sind Overalls mit Dichtmanschetten an den Auslässen für Arme, Beine und Hals. Einige Modelle verfügen über einen gas- und wasserdichten Reißverschluss. Es dringt durch die Öffnungen nur wenig Wasser ein. Die Wärmeisolierung wird verbessert.

Trockentauchanzüge

Der Körper bleibt trocken und warm. Das Tauchen erfordert jedoch eine **eigene Ausbildung!**

! **Hinweis:** Neoprene sind teilweise offenporig und speichern in sich alles, womit sie in Berührung kommen, z.B. Hautfette, Pilzsporen, Algen, Plankton, Schmutz, Kalk, Salz etc.! Tauchanzüge sollten aus hygienischen Gründen nur von einer Person benutzt werden.

Die **Reinigung** von Neoprenanzügen erfolgt in einer milden, warmen Lauge. Anschließend werden alle Teile gut ausgespült (Wollwaschprogramm in der Waschmaschine - NICHT SCHLEUDERN, eventuell Neoprenwaschmittel verwenden). Um den Anzug im Schulterbereich nicht zu stark zu beanspruchen, empfiehlt es sich, ihn zum Trocknen zunächst auf eine breite Auflage zu legen und erst nach dem Abtropfen auf einen breiten Bügel zu hängen. Mit der Zeit lagert sich bei den Trocknungsvorgängen Kalk in den Poren ab, was den Anzug rau und steif werden lässt. Um dies zu verhindern, legt man den Anzug nach der Reinigung in ein Essigbad und gibt in das letzte Spülwasser einen Schuss Weichspüler.

2.2.5 Bleigürtel

Er wird verwendet, um den Auftrieb der Tauchausrüstung auszugleichen. Bleigewichte sind oft mit Kunststoff beschichtet. Sie werden entweder auf einen Gurt gefädelt oder in aufgenähte Taschen gesteckt. Um zu verhindern, dass sich aufgesteckte Gewichte verschieben oder vom offenen Gurt herunter rutschen, sichert man sie am besten mit **„Gewichtsstoppern".** In Bleitaschen wird bevorzugt sog. „Softblei" (Säckchen mit Bleischrot) eingelegt, welches sich besser an die Körperkontur anpasst.

Bleigurt

! ***Achtung:*** *Der Bleigurt muss in einer Notsituation so abgeworfen werden können, dass er sich nicht an anderen Ausrüstungsteilen verfangen kann. Der Gurt muss immer gleich angelegt werden, damit sein Ende immer an derselben Seite frei hängt. Die sog.* ***„Schnellabwurfschnalle“*** *des Gürtels muss im Notfall mit einem „automatisierten Griff“ geöffnet werden können.*

2.2.6 Füßlinge

Sie werden aus Neopren gefertigt, welches je nach Temperatur des Gewässers unterschiedlich dick sein muss: Kalte Gewässer 7 mm, warme Gewässer 5 mm. Besonderen Kälteschutz bieten Füßlinge mit einer eingearbeiteten Dichtmanschette, welche das Eindringen größerer Wassermengen verhindert. Oft sorgt ein Gummiwulst an der Ferse dafür, dass das Flossenband nicht abrutscht. Füßlinge sollten einen stabilen Reißverschluss zum leichteren An- und Ausziehen, eine rutschfeste Laufsohle und eine verstärkte Zehenkappe haben.

! **Hinweis:** Beim Neukauf müssen Füßlinge in Verbindung mit den eigenen Flossen anprobiert werden, damit sichergestellt ist, dass sie druckfrei passen. Füßlinge sollen gut anliegen, damit sie keine „Reibstellen“ erzeugen. Hautschäden sind unangenehm, weil sie nicht heilen, wenn sie immer wieder dem Meerwasser ausgesetzt werden.

2.2.7 Handschuhe

Handschuhe werden benötigt, um die Hände vor Kälte und Verletzungen zu schützen. Zu diesem Zweck gibt es Neoprenhandschuhe unterschiedlichster Bauart. Für den Sporttaucher sind je nach Temperaturempfinden 3, 5 oder 7 mm starke Handschuhe am gebräuchlichsten. Neoprenfäustlinge sind wärmer als Fingerhandschuhe, da nur Daumen und Zeigefinger in separaten Fingerlingen stecken. Heute werden im Handel überwiegend Fingerhandschuhe angeboten. Handschuhe werden mit und ohne Klettband am Handgelenk oder auch in halbtrockener Ausführung mit Innenmanschette angefertigt.

! ***Achtung:*** *Beim Kauf von Handschuhen muss man darauf achten, dass der Handschuh gut anliegt, aber trotzdem nicht zu eng ist und die Bewegung behindert. Zu eng anliegende Handschuhe behindern die Durchblutung der Finger und führen dadurch zur raschen Auskühlung.*

2.2.8 Tauchermesser oder Schneidewerkzeug

Es ist noch nicht lange her, da bestand die „Mindestausrüstung“ für einen österreichischen Taucher aus Messer, Uhr und Tiefenmesser. Während die CMAS immer noch Meisterschaften im Speerfischen ausrichtet, versuchen andere Organisationen ihre Taucher für die „Jagd mit der Kamera“ zu begeistern. Das Tauchermesser ist dabei überflüssig. Im Meer und in Seen hängen jedoch teilweise noch Netze, Seile und Angelschnüre in denen man sich verfangen kann. Tauchermesser sind sinnvoll, damit man sich wieder befreien kann. Das vermeidet Panik und hat schon manchen Unfall verhindert. Heute gibt es kleine Messer, welche man am Jacket befestigt und deshalb nicht vergessen kann.

Pflege: Tauchermesser werden nach dem Tauchen abgespült und getrocknet. Wenn nötig, werden sie mit Silikonfett vor Rost geschützt, weil dieses Fett temperaturfest ist und sich nicht sofort vom Messer löst.

2.2.9 Tauchcomputer

Computer werden in Abschnitt 6 behandelt. Sie geben dem Taucher jede Information, die er braucht, um sowohl Tauchgang und **Aufstiegsphase**, als auch die Zeit nach dem Tauchgang sicher gestalten zu können. Es gibt sog. luftintegrierte Computer, welche den Flaschendruck anzeigen und angeben, **wie lange die mitgeführte Luft noch reichen wird**. Moderne Tauch-

computer haben elektronische Speicher, damit man den Verlauf des Tauchgangs später über ein „Interface“ abrufen und am P.C. nachvollziehen kann.

Pflege: Ein Tauchcomputer muss vor mechanischer Belastung und direkter Sonnenstrahlung geschützt werden. Nach dem Tauchgang wird er mit Süßwasser gespült und getrocknet, damit der „Wasserkontakt“ nicht unabsichtlich aktiviert wird.

Tauchcomputer

2.2.10 Die Planungstabelle

Tabellen werden in Abschnitt 6 behandelt. Da eine moderne Tabelle nicht nur zur Planung dient, sondern auch einzelne Aufgaben von luftintegrierten Computern übernehmen kann, sollte sie **im Jacket mitgeführt** werden.

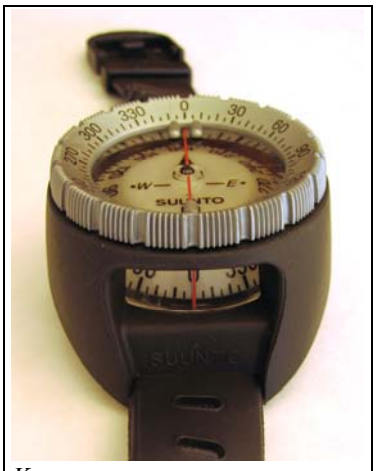
2.3 Erweiterte Tauchausrüstung

2.3.1 Kompass

Wenn der Grund des Gewässers keine Orientierungspunkte liefert, kann man leicht die Orientierung verlieren. Mit einem Kompass findet man den Ausgangspunkt mit etwas Übung wieder.

Arbeitsweise: Eine frei drehbare „Magnetnadel“ richtet ihre Lage am Magnetfeld der Erde aus. Man misst die horizontale Abweichung von der Nordrichtung. Der Winkel wird ausgehend von Norden im Uhrzeigersinn (0 - 360°) gemessen. Eisenhaltige Materialien ziehen die sog. „magnetischen Kraftlinien“ der Erde an. Das Kraftfeld wird verformt und die Magnetnadel verändert ihre Richtung. Magnetschalter von Tauchlampen, Ketten von Bojen oder die Tauchflasche des Partners verursachen Messfehler (Abstand halten).

Aufbau: Das Gehäuse ist mit Flüssigkeit gefüllt, damit es dem Wasserdruck widerstehen kann. Durch das Fenster kann der jeweilige „Kurs“ beim Anvisieren abgelesen werden. Vom Fenster nach vorne läuft die „Visierlinie“. An Stelle der „Magnetnadel“ schwimmt im Gehäuse die „Windrose“, eine drehbare magnetische Scheibe oder Kugel mit einer „Gradskala“, die man im Fenster ablesen kann. Ihre Bewegung wird von der Flüssigkeit gedämpft. Das Gehäuse muss waagrecht gehalten werden. Solange der Kompass nicht zu weit gekippt wird, zeigt der Pfeil der Windrose immer nach Norden. Der drehbare Stellring hat ebenfalls eine Gradskala und gewöhnlich 2 gegenüberliegende „Marker“, die entweder auf die Visierlinie (Nullstellung) oder auf den Pfeil eingestellt werden.



Kompass

! Hinweis: Während des Tauchens muss das Kompassgehäuse immer wieder leicht in alle Richtungen gekippt werden, damit der Taucher erkennen kann, ob sich die „Windrose“ tatsächlich frei bewegt.

2.3.2 Taucherlampe

Ihre Brenndauer richtet sich nach der Kapazität der Akkus (Batterien) und dem Leuchtmittel. Neben den preisgünstigen Halogenbrennern gibt es „Gasentladungslampen“. Sie erzeugen „weißeres“ Licht und haben eine längere Brenndauer. Je nach Verwendungszweck gibt es unterschiedliche Reflektoren für scharf gebündeltes Licht bis zum „Breitstrahler“. Lampen mit Spannungen unter 12 V und Leistungen unter 20 W haben untertags wenig Nutzen. Für

die meisten Lampen werden eigene Ladegeräte mit Bedienungsanleitung geliefert. Lampen sollten leicht zugeschraubt gelagert werden, damit sie nicht verstauben und die O-Ringe keine Druckstellen bekommen. Um die Dichtheit der Lampen zu garantieren, müssen O-Ringe vor dem Zuschrauben inspiziert werden. Trockene O-Ringe müssen gereinigt und leicht mit Silikon eingefettet werden. Das Leuchtmittel darf nicht mit bloßen Fingern berührt werden, da sich sonst Schweißreste „einbrennen" welche die Lichtausbeute und die Lebensdauer vermindern.

Bei Flugreisen gehören Taucherlampen ins Handgepäck, um sie den immer strengeren Kontrollen besser zugänglich zu machen und um sie gegen Beschädigungen besser schützen zu können. Damit ein unbeabsichtigtes Einschalten unterbleibt, muss der Schalter „arretiert" oder das Leuchtmittel vor dem Flug herausgenommen werden.

! **Hinweis:** Akkus sollen nie tief entladen werden! Wenn die Lampe gelblich zu brennen beginnt, darf sie nicht mehr eingeschaltet werden. Bleiakkus müssen nach dem Tauchen, aber auch in langen Tauchpausen regelmäßig nachgeladen oder „gepuffert" werden, weil sich ihre Zellen sonst irreparabel verändern. Ein **Ersatz-Leuchtmittel** gehört unbedingt ins Tauchgepäck.

2.3.3 Signalpfeife

Sie braucht kaum Platz, hat sich aber in Notsituationen schon oft bewährt und sollte am Jacket so befestigt werden, dass sie jederzeit griffbereit ist.

2.3.4 Taucherbojen

In vielen Bereichen des Mittelmeeres müssen Frei- und Gerätetaucher eine rote oder gelbe Taucherboje von mindestens 30 cm Durchmesser an einem Seil mit sich führen, während sie ihren Sport ausüben. An einer Leine nachgezogen, soll die Boje anderen Wassersportlern zeigen, dass Taucher im Wasser sind. Boote sind zwar verpflichtet, mindestens 50 m Abstand zu Bojen zu halten, jedoch wirken solche Bojen oft besonders anziehend. Es ist daher ratsam, auf Motorgeräusche zu hören und sich durch einen Blick in alle Richtungen davon zu überzeugen, ob man sicher auftauchen kann. Auch nahezu lautlose Segler oder Windsurfer können Taucher gefährden.

2.3.5 Signalboje (DSS, Diver Signaling System)

Sie besteht aus einem grellroten oder gelben, langen, oben verschweißten Kunststoffschlauch, der am unteren, offenen Ende Bleiplatten, Halteösen und eine Halteleine hat. Im zusammengerollten Zustand steckt sie in einer Bojentasche und wird im Jacket verstaut.

Ein Taucher, der seinen Partner oder seine Gruppe verloren hat oder wegen Luftmangel an einer nicht vorgesehenen Stelle auftauchen muss, kann sich mit einer Signalboje bemerkbar machen. Wird ein Taucher im Meer von der Strömung abgetrieben, kann er ohne Signalboje über größere Entfernungen kaum gesehen werden. Der Taucher steigt zur Wasseroberfläche auf, entrollt die Boje und bläst sie mit dem Lungenautomaten auf, bis sie weit über die Wasseroberfläche ragt. Sie kann auch schon unter Wasser während eines Sicherheitsstopps oder einer Dekopause teilweise aufgeblasen und an einer Leine zur Oberfläche „geschickt" werden. Die Luft dehnt sich aus, die Boje steigt auf und ist bereits frühzeitig erkennbar.

! ***Achtung:*** *Der Umgang mit der Boje muss geübt werden, weil der Taucher sich in der Leine verfangen und nach oben gezogen werden kann.*

2.3.6 Taucherflaggen

Auf dem Meer muss ein Tauchplatz bzw. Tauchboot mit einer Taucherflagge gekennzeichnet werden. International wird dafür die sog. „Alpha-Flagge“ (Stander des Flaggenalphabets, in der Mitte senkrecht geteilt, mit einer inneren, weißen Fläche und einer äußeren, blauen Fläche, die schwalbenschwanzartig geformt ist) verwendet. Man sieht aber noch häufig die „alte“ Taucherflagge: Ein rotes Rechteck mit einem weißen Diagonalstreifen.

2.3.7 Textilhandschuhe

Zur Erhaltung des Lebensraums unter Wasser und zur eigenen Sicherheit gilt für Taucher grundsätzlich das Verbot Pflanzen oder Tiere zu berühren. Jeder Hautkontakt unter Wasser ist unbedingt zu vermeiden, denn auch scheinbar harmlose Meereslebewesen können für Menschen gefährlich – ja sogar tödlich – sein. Wenn sich aber ein Taucher (aus Sicherheitsgründen) doch einmal festhalten muss, sollte dies – wenn möglich – nicht mit ungeschützten Händen geschehen. Einfache Textilhandschuhe, welche im Jacket mitgeführt werden, erfüllen diesen Zweck.

2.3.8 Strömungshaken

Großfische stehen gewöhnlich in der Strömung. Mit einem Haken an einer ca 1 m langen Leine, die am Jackett befestigt ist, kann sich ein Taucher am Grund anhängen, damit er die Hände zum Fotografieren frei hat.

2.3.9 Notlampe

Sollte die Taucherlampe ausfallen, kann ein Taucher mit einer Notlampe geringer Leistung mit seinem Partner kommunizieren, seine Instrumente ablesen und den Tauchgang sicher beenden.

2.4 Die Ausrüstung sollte nach einer Tauchpause überprüft werden

Vor einem Tauchurlaub muss die Tauchausrüstung rechtzeitig auf Funktion und Vollständigkeit geprüft werden. Ideal ist ein praktischer Test im See oder Schwimmbad, damit Funktionsstörungen ohne Zeitdruck behoben werden können.

Was soll überprüft werden? Letzter TÜV des Tauchgerätes, sind O-Ringe vorhanden? Funktion von Lungenautomat und Oktopus; Batterien des Tauchcomputers und der Taucheruhr; Akkus, O-Ringe und Leuchtmittel der Taucherlampe; Notlicht; Fersenbänder/Fußteil der Flossen; Halteband und Körper der Tauchermaske; Reißverschlüsse und Nähte des Tauchanzugs des Jackets und der Tauchtasche; Ventile, Schnallen und Schläuche des Jackets; Funktion der Fotoausrüstung. Eine „Checklist“ für den Tauchurlaub ist dabei hilfreich.

! ***Achtung:*** *Nicht nur die Ausrüstung, sondern auch der Gesundheitszustand und die eigenen Fertigkeiten im Wasser müssen nach einer längeren Tauchpause überprüft werden. Wann erfolgte die letzte Untersuchung auf Tauchtauglichkeit?* ***Tauchbasen verlangen eine ärztliche Bestätigung der Tauchtauglichkeit.***

2.5 Atemluftkompressoren

Die Pressluft gelangt entweder aus sog. „Speicherflaschen“ oder direkt aus einem Atemluftkompressor in das Tauchgerät. Auch die Speicherflaschen müssen zuerst mit einem Kompressor gefüllt werden.

Der Weg der Luft führt durch einen langen Ansaugschlauch, der mit einem Filter versehen ist. Dadurch soll verhindert werden, dass Staub in den Kompressor gelangt. Die Luft wird in 3 oder 4 Stufen verdichtet, bis sie den Enddruck von 200 bar erreicht. Rückschlagventile zwischen den Kompressorstufen verhindern, dass die Luft aus dem Abschnitt mit dem jeweils höheren Druck in den Bereich mit dem geringeren Druck zurückströmt und diesen beschädigt, wenn der Antriebsmotor abgestellt wird.

Die Luft kann nur eine bestimmte (temperaturabhängige) Menge Wasserdampf aufnehmen. Das heißt, der Druck des Wasserdampfs kann nur so weit ansteigen, bis die Luft mit Wasserdampf gesättigt ist. Wird der Druck weiter erhöht, so bildet sich wieder Wasser. Der „kondensierte" Feuchtigkeitsanteil der Luft sammelt sich im sog. „Kondensatabscheider" und muss „nach 1-2 Flaschenfüllungen" abgelassen werden. Bevor die Luft in das Tauchgerät strömt, dringt sie durch einen Aktivkohlefilter, der sie von Ölresten und Geruch bildenden Bestandteilen reinigt. Der Filter ist jedoch nicht in der Lage Kohlendioxid (CO_2) oder Kohlenmonoxid (CO) aus der Luft zu entfernen.

Am Ende des Luftweges im Kompressor befindet sich ein Sicherheitsventil, über das die komprimierte Luft entweichen kann, bevor der Maximaldruck überschritten wird. Die Hochdruckschläuche, die den Kompressor mit den Tauchflaschen verbinden, verfügen über eigene Auslassventile. Öffnet man versehentlich den Füllhebel des falschen Ventils, „schießt" die Luft aus dem Füllschlauch und er peitscht um sich. Um eine derartige Gefahr zu vermeiden, müssen die Schläuche gesichert werden.

Wenn der Antrieb mit Verbrennungsmotoren erfolgt, muss darauf geachtet werden, dass keine Motorabgase in den Ansaugschlauch des Kompressors gesaugt werden, sonst gelangen diese auch in die Tauchflaschen, was zu Vergiftungen durch CO oder CO_2 führen kann. Kompressoren werden mit einem eigenen druckfesten „Kompressoröl" geschmiert. Der Ölstand muss vor jeder Inbetriebnahme kontrolliert werden. Öl und Filter müssen nach einer vorgeschriebenen Anzahl von Betriebsstunden getauscht werden. Kompressoren müssen trockene, ölfreie, geruchlose Luft liefern. Unangenehm riechende, ölhaltige Luft schädigt die Lunge, erzeugt beim Tauchen Brechreiz und gefährdet den Taucher.

! ***Achtung:*** *Ein Taucher, der Flaschen füllt, muss sich davon überzeugen, dass der Wind keine Abgase in den Ansaugstutzen wehen kann. Der Ansaugschlauch soll lang sein und der Ansaugstutzen muss möglichst hoch angebracht und "gegen den Wind" gerichtet werden.* ***Bevor jemand mit einem Kompressor arbeitet, muss er eingeschult werden!***

2.6 Tauchtechnik - Fragen und Antworten

1. Wozu dient der HP Anschluss an der Hochdruckstufe?
   HP ist der Anschluss für das Finimeter oder den Drucksender des Computers.
2. Wozu dient die Signalboje?
   Ein Taucher, der im Meer von der Strömung abgetrieben wird, oder wegen Luftmangel an einer nicht vorgesehenen Stelle aufsteigen muss, kann sich damit bemerkbar machen.
3. Wie muss man den Kompass halten?
   Waagrecht, damit sich die Windrose bewegen kann.
4. Wie sollte ein Jackett beschaffen sein?
   Volumen ab 18 Liter, leichte Bedienbarkeit, Inflatoranschluss, eine zusätzliche Mundaufblasvorrichtung, Schnellstopp, Fangschlaufe, robustes Material
5. Warum müssen Flaschen für die Verwendung im Kaltwasser zwei voneinander unabhängige Ventile haben?

Wegen der Vereisungsgefahr werden 2 unabhängige Regler verwendet. Im Notfall wird das Ventil des abblasenden Reglers vom Partner abgedreht und mit dem Zweitregler aufgestiegen.

6. Wie werden Tauchflaschen während einer längeren Tauchpause gelagert?
   Stehend, gegen Umfallen gesichert, mit etwa 50 bar Druck

7. Wie funktioniert ein zweistufiger Lungenautomat?
   Die erste Stufe (Hochdruckstufe) vermindert den Flaschendruck auf den Mitteldruck, die zweite Stufe (Niederdruckstufe) reduziert den Mitteldruck auf den jeweiligen Umgebungsdruck

8. Welche Prüfintervalle sind für Presslufttauchgeräte vorgeschrieben?
   Druckprüfung alle 10 Jahre, alle 40 Monate (im 4. und 7. Jahr) eine Sichtkontrolle

9. Was sind die Mindestanforderungen an einen Lungenautomat für Gewässer mit Temperaturen über 15° C?
   Weil im „warmen" Meer nur Flaschen mit einem einzigen Ventil verwendet werden, muss der Regler mit einer zweiten Niederdruckstufe ausgerüstet sein (Oktopus).

10. Die Luft in der Tauchflasche riecht unangenehm. Wie soll ich darauf reagieren?
    Mit der Flasche darf nicht getaucht werden, weil im Verlauf des Tauchgangs Unwohlsein und Brechreiz auftreten können. Die Flasche muss gereinigt und eventuell der Kompressor überprüft werden.

11. Worauf muss man beim Spülen des Lungenautomaten achten?
    Lufteinlass der ersten Stufe verschließen, Luftdusche nicht drücken, damit kein Wasser eindringen kann.

12. Wozu dient das Finimeter?
    Man liest den Flaschendruck ab, um den Tauchgang rechtzeitig beenden zu können.

13. Wie soll der Bleigurt angelegt werden?
    Er muss so angelegt werden, dass er im Notfall rasch abgeworfen werden und sich nicht an Ausrüstungsteilen verfangen kann.

14. Wie muss eine volle Tauchflasche transportiert werden?
    Sie muss so fixiert werden, dass sie sowohl bei Richtungsänderungen als auch bei Schnellbremsungen oder gar Auffahrunfällen gegen Verrutschen gesichert ist. Wenn die Flasche quer zur Fahrtrichtung liegt, erscheinen die Ventile besser geschützt.

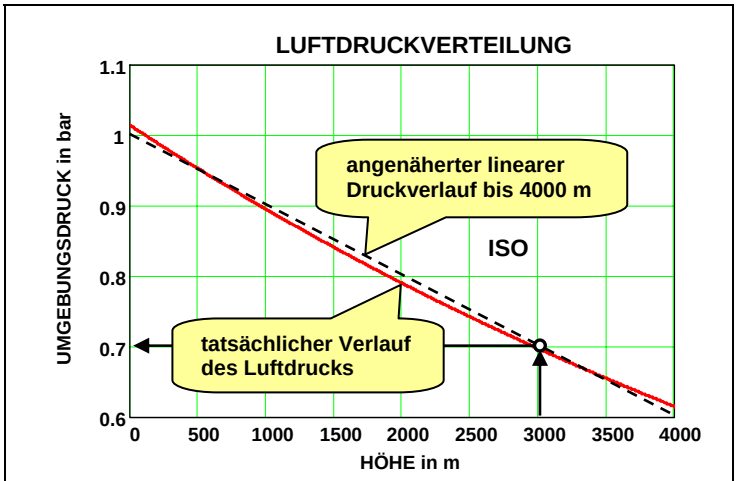
15. Wie weit muss das Flaschenventil aufgedreht werden?
    Zuerst bis zum Anschlag gegen den Uhrzeiger aufdrehen, dann ½ Umdrehung im Uhrzeiger zurückdrehen, damit das Ventil nicht stecken bleiben kann.

3 Physik ist die Grundlage für sicheres Tauchen

Physiker haben sich für die verschiedenen physikalischen Größen (wie z.B. Länge, Masse und Zeit) auf ein Maßsystem mit den Grundeinheiten Meter [m], Kilogramm [kg] und Sekunde [s] geeinigt. Es werden damit Naturgrößen beschrieben, wie der Druck der Atmosphäre auf Meeresniveau (1 bar entspricht ≈ 1 kg/cm^2) oder die Anziehungskraft der Erde, welche das „Gewicht" erzeugt (1 kg Masse erzeugt eine „Gewichtskraft" von 9,81 ≈ 10 Newton).

3.1 Luft und Luftdruck

Alle übereinander liegenden Luftteilchen erzeugen auf Meeresniveau den „Normaldruck" ≈ 1 bar. Die Erdanziehungskraft bewirkt, dass die Luft nahe der Meeresoberfläche ihren größten Druck hat. Nach oben hin nimmt der Luftdruck immer weiter ab. Im Bereich von 0 – 4000 m ist die Druckabnahme annähernd gleichförmig und beträgt etwa 0,1 bar pro 1000 m oder **10 % pro 1000 m Seehöhe**. In 3000 m Höhe beträgt der Luftdruck daher nur mehr 0,7 bar. 1000 Liter Luft wiegen bei 21°C auf Meeresniveau 1,2 kg.

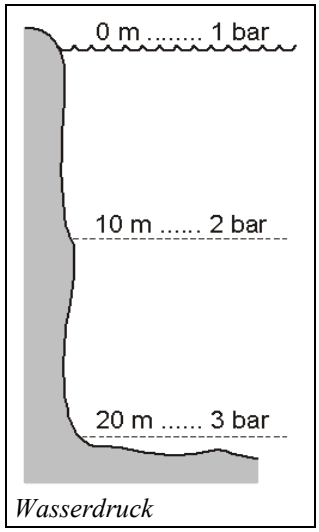


Luftdruck am Bergsee

3.2 Wasser und Wasserdruck

Bei + 4 °C hat Wasser seine größte Dichte und es sinkt auf den Grund des Gewässers. Wärmeres Wasser hat eine geringere Dichte und bildet im Sommer eine sog. Sprungschicht (Temperatursprung) wenn es auf dem kalten schwimmt. Sinkt die Temperatur unter 4 °C, so wird die Dichte ebenfalls geringer (Anomalie des Wassers). Kälteres Wasser bleibt daher an der Oberfläche und das sich bildende Eis schützt vor weiterer Abkühlung.

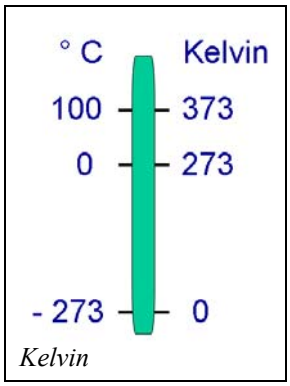
Mit zunehmender Tiefe lasten auf dem Taucher immer mehr Wassermoleküle, die gemeinsam eine Kraft ausüben. Der **Druck** von 1 bar entsteht, wenn eine **Kraft** von 10 Newton, wie das „Gewicht" von 1 Liter Seewasser, auf eine **waagrechte Fläche** von 1 cm^2 einwirkt. 1 Liter Wasser = (10 cm)^3 = 1000 cm^3 hat eine Masse von ≈ 1 kg. Stapelt man alle 1000 Würfel mit je 1 cm^3 übereinander, so entsteht eine „Wassersäule" von 1000 cm = 10 m Höhe, welche auf der Auflagefläche einen Druck von ≈ 1 bar (entsprechend 1 kg/cm^2) erzeugt. **Für den Taucher heißt das, dass der ihn umgebende Druck um 1 bar zunimmt, wenn er 10 m tiefer taucht.**



Wasserdruck

Hinweis: Der Umgebungsdruck (Luftdruck) an der Meeresoberfläche beträgt 1 bar. Pro 10 m Wassertiefe erhöht sich der Druck um 1 bar. Somit beträgt der Umgebungsdruck in 20 m Tiefe im Meer ziemlich genau 3 bar. Die Dichte von Meerwasser (ca 1.025 kg/Liter) ist größer als von Süßwasser (1 kg/Liter), deshalb ist auch die Druckzunahme pro 10 m Tiefe größer. Tauchcomputer messen den Umgebungsdruck und rechnen ihn in die Tiefe um. Die Abweichung ist daher bedeutungslos.

3.3 Temperatur



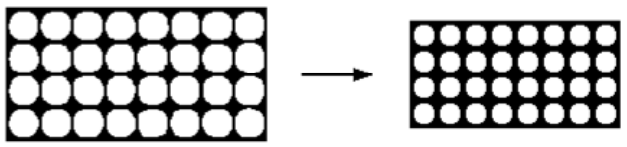
Kelvin

Temperatur ist die Folge von **Wärmeschwingungen** der Moleküle. Je höher die Temperatur, desto lebhafter bewegen sie sich um eine „Gleichgewichtslage“. Sie stoßen benachbarte Moleküle an und geben dabei ihre Bewegungsenergie ab. Die Wärme wird dadurch weiter geleitet. Einzelne Moleküle erreichen so hohe Geschwindigkeiten, dass sie z.B. aus einer Flüssigkeit in die umgebende Luft gestoßen werden. Dabei nehmen sie ihre Bewegungsenergie und damit ihre Temperatur mit und die Flüssigkeit kühlt ab („Verdunstung“ – nasse Haut kühlt ab).

Im Wasser müssen Schutzanzüge getragen werden, die den **Wärmewiderstand** zwischen Haut und Wasser vergrößern. Sobald der menschliche Körper das in den Nasstauchanzug eingedrungene Wasser aufgewärmt hat, vermindert sich der Wärmeverlust, weil die **Temperaturdifferenz** zwischen Haut und Wasserfilm kleiner geworden ist.

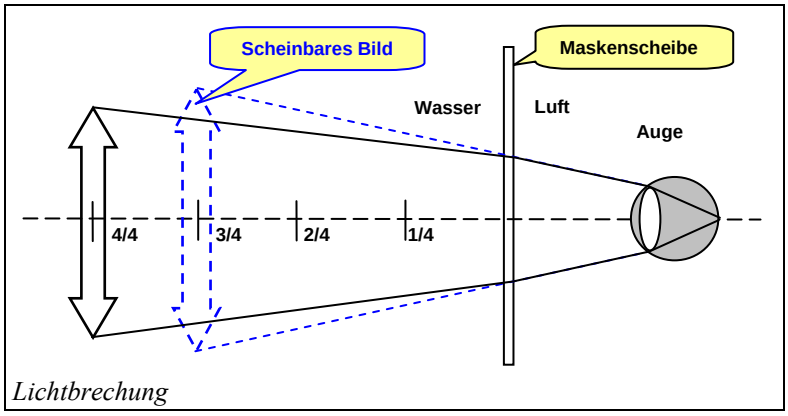
3.4 Der Auftrieb (Gesetz von Archimedes)

Ein Taucher muss den Auftrieb seines Anzugs mit Bleigewichten ausgleichen, denn „der Taucher verliert unter Wasser scheinbar so viel Gewicht, wie die von ihm verdrängte Wassermenge wiegt“. Wenn ein Taucher im Wasser bei normaler Atmung schwebt ist er „austariert“. Er befindet sich im „hydrostatischen Gleichgewicht“.


Der Auftrieb wird vermindert

Wenn das Neopren des Anzugs großporig und weich ist, werden die eingeschlossenen Luftblasen beim Abstieg komprimiert. Das Volumen der Blasen wird vermindert. Auftrieb und Wärmeschutz gehen teilweise verloren. Durch Einblasen von Luft ins Jacket wird der Auftrieb und damit der Schwebezustand in der Tiefe wieder hergestellt.

3.5 Sehen unter Wasser



Lichtbrechung

Das Licht wird gebrochen (umgelenkt), wenn es z.B. von einem dünneren Medium (Luft) in ein dichteres Medium (Wasser oder Auge) übergeht. Die Lichtbrechung bewirkt, dass auf der Netzhaut ein scharfes Bild entsteht. Wir können daher nur scharf sehen, wenn wir einen Luftraum vor den Augen haben.

Schaut man in ein Aquarium, so sieht man aufgrund der Lichtbrechung die Fische genau **¼ näher an der Glasscheibe**. Je näher man mit dem Auge an die Scheibe heran kommt, desto größer sieht man die Fische (Perspektive). Durch die Tauchermaske gesehen entsteht derselbe Eindruck. Tauchanfänger erwischen daher bei Strömung oft die Bootsleiter nicht, weil sie **in Wirklichkeit weiter weg ist, als man sie sieht**.

Dunkles, im Lichtspektrum an Infrarot angrenzendes Rot, wird vom Wasser am stärksten **absorbiert** und in Wärmeschwingungen umgewandelt. Blau und Gelb bleiben übrig und werden zu Grün „gemischt“. Blut aus einer Verletzung sieht daher schon in geringer Tiefe grün aus,

weil der dunkle Rotanteil immer kleiner wird. Will man die tatsächlichen Farben der Unterwasserwelt sehen, muss man auch am Tag eine Unterwasserlampe mitnehmen.

3.6 Hören unter Wasser

Schall, der über die Kopfoberfläche zum Innenohr geleitet wird (Knochenleitung) ermöglicht ein räumliches Klangempfinden. Der Schall wird nicht nur von rechts oder links, sondern auch von vorn oder von oben wahrgenommen. Der Dichteunterschied zwischen Luft und Wasser, und die größere Schallgeschwindigkeit im Wasser (1485 m/s in Süßwasser bei 20°C) wirken sich auch beim Hören aus. **Unter Wasser kann man nicht erkennen, aus welcher Richtung der Schall kommt**. Hat man seinen Partner aus den Augen verloren, so muss man ihn nicht nur um sich sondern auch **über sich** suchen.

3.7 Gasgesetze für ideale Gase

Die Zustände von Druck, Volumen und Temperatur sind bei Gasen untrennbar miteinander verbunden. Aufgrund der relativ hohen absoluten Temperatur (0°C = 273 Kelvin) ist die Wärmebewegung der Gasmoleküle ziemlich groß. Sie stoßen sich gegenseitig ab, verteilen sich daher in einer Tauchflasche gleichmäßig und üben auf die Innenfläche überall die gleiche Kraft aus (Druck).

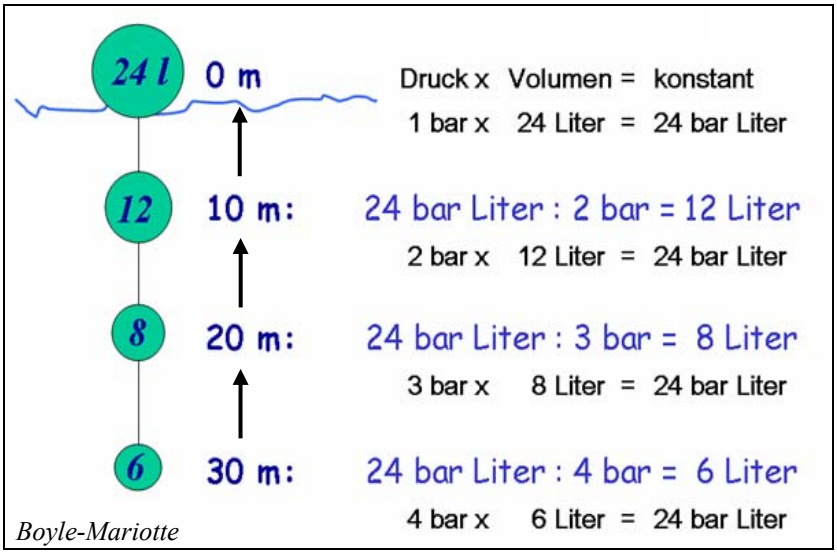
Um Luft in eine Tauchflasche zu pumpen, muss Kompressionsarbeit zugeführt werden. Das Gas wird durch die Arbeit erwärmt, die Wärmeschwingungen werden größer und der Druck steigt. Sobald die Flasche abkühlt, geht der Druck wieder zurück. Man stellt sich nun ein ideales Gas vor – ein Gas, welches durch die Pumparbeit nicht erwärmt wird. Damit man das Zusammenwirken von zwei Größen (z.B. Druck und Volumen) untersuchen kann, darf die dritte Größe (die Temperatur) nicht verändert werden. Man betrachtet die dritte Größe als konstant, damit sie das Ergebnis nicht verändert.

3.7.1 Das Gesetz von Boyle-Mariotte

$p \times V = konst.$ (für gleich bleibende Temperatur = isotherm)

Beispiel: In einem Ballon mit einem Volumen von 24 Liter befindet sich die Luftmenge:

$$p \times V = 1\ bar \times 24\ Liter = 24\ bar\ Liter$$


24 l
0 m
Druck x Volumen = konstant
1 bar x 24 Liter = 24 bar Liter
12
10 m:
24 bar Liter : 2 bar = 12 Liter
2 bar x 12 Liter = 24 bar Liter
8
20 m:
24 bar Liter : 3 bar = 8 Liter
3 bar x 8 Liter = 24 bar Liter
6
30 m:
24 bar Liter : 4 bar = 6 Liter
4 bar x 6 Liter = 24 bar Liter
Boyle-Mariotte

Wenn der Druck p dieser Luftmenge verdoppelt wird, halbiert sich ihr Volumen V. In 10 m Tiefe herrscht der doppelte Druck (2 bar), somit verringert sich das Volumen auf:

24 bar Liter : 2 bar = 12 Liter

Beim Abstieg wird durch die Druckänderung nicht die Luftmenge, sondern das Volumen immer weiter verringert. Die Luftmenge bleibt konstant. Würde der Taucher mit dem Ballon bis auf 30 m absteigen, so würde das Volumen von 24 Liter auf 6 Liter verringert werden.

24 bar Liter : 4 bar = 6 Liter.

Achtung: ***Beim Aufstieg*** *erfolgt der Vorgang umgekehrt. 6 Liter Luft, die ein Taucher in 30 m Tiefe einatmet, dehnen sich im Laufe des Aufstiegs bis zur Oberfläche auf 24 Liter aus. Würde der Taucher nicht ausatmen, so wäre eine Überdehnung bzw. ein Riss der Lunge die Folge. Jeder Taucher lernt daher,* ***langsam aufzusteigen und während des Aufstiegs auf das Ausatmen zu achten****, um eine Lungenüberdehnung zu vermeiden.*

- **Weitere Auswirkungen des Gesetzes von Boyle-Mariotte:**

Taucht ein Freitaucher 20 m ab, wird sein Brustkorb zusammengedrückt. Beträgt sein gesamtes Lungenvolumen beim Einatmen an der Oberfläche 6 Liter, so wird es in 20 m Tiefe beim 3-fachen Umgebungsdruck auf 1/3 (= 2 Liter) zusammengedrückt. Beim 3-fachen Umgebungsdruck in 20 m Tiefe verbraucht ein Taucher pro Atemzug die dreifache Luftmenge wie an der Wasseroberfläche.

3.7.2 Gesetz von Amontons

Dieses Gasgesetz wird von Tauchern oft als „Gesetz von Gay-Lussac“ bezeichnet

$$\frac{p}{T} = konst.$$ (für gleich bleibendes Volumen = isochor)

Es beschreibt den Zusammenhang von Druck und Temperatur T bei konstantem Volumen. Da die Temperatur in Kelvin angegeben wird, müssen zur Berechnung der „absoluten Temperatur“ 273 Kelvin zur Temperatur in °C „addiert“ werden.

Ein theoretisches Rechenbeispiel: Eine Tauchflasche mit 200 bar hat sich in der Sonne von 15°C auf eine Temperatur von 32°C erwärmt. Um wie viel bar hat sich ihr Druck verändert?

Temperatur vor der Erwärmung: $Kelvin\ 1 = 15\ K + 273\ K = 288\ K$
Flaschendruck vor der Erwärmung: $p1 = 200\ bar$

Temperatur nach der Erwärmung: $Kelvin\ 2 = 32\ K + 273\ K = 305\ K$
Wie groß ist die berechnete Druckzunahme?

$$Enddruck = \frac{Kelvin\ 2}{Kelvin\ 1} \times Flaschendruck = \frac{305\ K}{288\ K} \times 200\ bar = 211{,}8\ bar$$

$$Druckdifferenz = Enddruck - Anfangsdruck = 211{,}8\ bar - 200\ bar = 11{,}8\ bar$$

Eine Erwärmung von 15,0 auf 32,0 °C bewirkt einen Druckanstieg um 11,8 bar, der aber praktisch nicht messbar ist, weil keine so genauen Instrumente verwendet werden.

Wenn die Temperatur einer Pressluftflasche um 30°C steigt, dann steigt ihr Druck gerade um 10 %. Bei einer geprüften Flasche ist die Sicherheit gegen Bersten somit jederzeit gegeben. Man sieht, dass dieses Gasgesetz für Taucher nur eine geringe Bedeutung hat.

3.7.3 Gesetz von Gay-Lussac

$$\frac{V}{T} = konst.$$ (für gleich bleibenden Druck = isobar)

Es beschreibt den Zusammenhang von Volumen und Temperatur bei konstantem Druck. Eine Erwärmung um 30 °C vergrößert das Volumen wieder um 10 %. Somit ist auch dieses Gesetz für Taucher nur von geringer Bedeutung. Da sich mit dem Volumen auch die Dichte des Gases um 10 % ändert, ist das Gesetz für Ballonfahrer grundlegend wichtig.

3.8 Das Gesetz von Dalton

Das Dalton'sche Gesetz lehrt, dass sich in einem Gasgemisch die Teildrücke (Partialdrücke) von Gasen so verhalten, wie ihr prozentueller Anteil. Hauptbestandteile der trockenen Luft sind Sauerstoff (ca. 21 %) und „inerte" (reaktionsträge) Gase, wie Stickstoff (ca. 78 %) und Edelgase (ca. 1 %), die bei der Atmung keine chemischen Verbindungen eingehen.

Bei einem Umgebungsdruck von 1 bar beträgt daher der Partialdruck der Inertgase in der **trockenen Luft** 0,79 bar entsprechend ihrem Anteil von 79 %, der Partialdruck des Sauerstoffs 0,21 bar gemäß seinem Anteil von 21 %. Wird der Druck der Luft verdoppelt (entsprechend 10 m Wassertiefe), so verdoppeln sich auch die Teildrücke der Gase. Der Gasanteil in Prozent bleibt – unabhängig vom Druck – unverändert.

Trockene Luft		Inertgase				Restgase		Sauerstoff	
		Stickstoff		Argon (Edelgas)					
Absoluter Druck	Vol. %	Partialdruck	Vol. %	Partialdruck	Vol. %	Partialdruck	Vol. %	Partialdruck	Vol. %
1 bar	100 %	0,78 bar	78 %	0,009 bar	0,9 %	0,001 bar	0,1 %	0,21 bar	21 %
2 bar	100 %	1,56 bar	78 %	0,018 bar	0,9 %	0,002 bar	0,1 %	0,42 bar	21 %

Die Atemluft wird in der Lunge des Tauchers angewärmt und mit Wasserdampf gesättigt. **Gesättigter Wasserdampf lässt sich nicht komprimieren,** weil er kondensiert. Bei 37°C beträgt der Druck des gesättigten Wasserdampfs 0,063 bar und macht somit auf Meeresniveau bereits 6 % der Atemluft aus. Wasserdampf vermindert den Sauerstoffanteil der Atemluft und hat somit Einfluss auf die sog. Dekompression. Der **CO_2 Anteil der Einatemluft** wird von etwa 0,04 % (vor der Industrialisierung noch 0,03 %) auf etwa 4 % in der Ausatemluft erhöht.

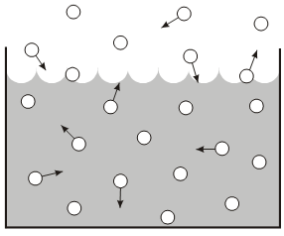
Stickstoff und Argon üben auf den Taucher bei erhöhtem Druck eine **narkotisierende Wirkung** aus (Tiefenrausch). In 40 m Tiefe beträgt der Inertgasdruck $p_I = 5\ bar \times 0{,}79 \approx 4\ bar$. Dieser Druck wird als zulässiger Grenzwert betrachtet. Auch „erfahrene" Sporttaucher sollen daher mit Pressluft nicht tiefer als 40 m tauchen. Für Taucher, die am Beginn ihrer Laufbahn stehen, gilt 30 m als Grenzwert.

Sauerstoff beeinträchtigt bei hohem Druck die Funktion des Zentralnervensystems. In 6 m Tiefe beträgt der Sauerstoffdruck bei Atmung von „reinem" Sauerstoff: $pO_2 = 1{,}6\ bar$. Dieser Druck gilt als zulässige Grenze, ab welcher die Gefahr einer **lebensbedrohlichen Sauerstoffvergiftung** beginnt.

3.9 Das Gesetz von Henry

Es beschreibt, dass Gase unter Druck in Flüssigkeiten löslich sind. Somit ist auch Atemluft in Körpergeweben löslich, die ja zum Großteil aus Wasser bestehen.

„Diffusion" ist ein passiver Vorgang, bei dem sich Gasmoleküle immer vom Ort der höheren zum Ort der niedrigeren Konzentration bewegen. Ein erhöhter Umgebungsdruck bewirkt, dass Gasmoleküle in angrenzende Flüssigkeiten eindringen. Je höher der Gasdruck ist, desto mehr Gasmoleküle sind pro Volumseinheit vorhanden, desto mehr Gas wird „physikalisch" (ohne eine chemische Bindung einzugehen) gelöst. Allein der Druck des Gases, welches die Flüssigkeit umgibt, bewirkt die Lösung.



Sättigung

Mit der Zeit stellt sich ein Gleichgewichtszustand ein, den man „Sättigung" nennt. Pro Zeiteinheit diffundieren nun gleich viele Gasteilchen in die Flüssigkeit, wie aus ihr wieder austreten. Mit steigender Temperatur werden die Moleküle immer beweglicher und haben daher das Bestreben, sich wieder aus der Lösung zu befreien (Lösungsdruck).

Hinweis: Wird der Umgebungsdruck verändert, so bewirkt der Diffusionsprozess, dass sich der Lösungsdruck des Gases in der Flüssigkeit (Körpergewebe) immer an den jeweiligen Druck des umgebenden Gases (Atemluft) angleicht.

3.10 Tauchphysik - Fragen und Antworten

1. Wie weit steigt der Druck in einer Tauchflasche, wenn sie um 30°C erwärmt wird?
   Der Druck steigt um etwa 10 %
2. Wie sieht man einen Gegenstand unter Wasser?
   Man sieht ihn ¼ näher und dadurch größer. Je geringer der Abstand zwischen Auge und Maskenscheibe, desto größer sieht man den Gegenstand.
3. Wie groß ist der Luftdruck in 1000 m Seehöhe?
   Die Druckabnahme ist 10 % pro 1000 m, daher beträgt der Druck 0,9 bar.
4. In welcher Meerestiefe verdoppelt sich der Umgebungsdruck?
   In 10 m Tiefe.
5. In welcher Tiefe verdoppelt sich der Umgebungsdruck, wenn man in 2000 m Seehöhe taucht?
   Der Luftdruck beträgt 0,8 bar, daher verdoppelt sich der Druck bereits in 8 m Tiefe.
6. Wie weit müsste sich die Lunge eines Tauchers ausdehnen können, wenn er im Meer in 10 m Tiefe voll einatmet (Lungenvolumen = 6 Liter) und beim Aufstieg zur Oberfläche nicht ausatmet?
   Die Lunge müsste sich auf 12 Liter ausdehnen können
7. Kann man unter Wasser hören, aus welcher Richtung sich ein Motorboot nähert?
   Nein, weil das Richtungsempfinden unter Wasser gestört ist
8. Wie groß ist der Sauerstoffanteil in der trockenen Luft?
   ca 21%
9. In welcher Tiefe beginnt die Gefahr des Tiefenrausches?
   In 40 m Tiefe. Der Inertgasdruck steigt auf 4 bar.
10. Was versteht man unter „Sättigung“?
    Sättigung ist der Gleichgewichtszustand, wenn der Druck der gelösten Gase in einem Körpergewebe gleich groß ist, wie der Druck des Atemgases.
11. Was sind Inertgase?
    Es sind reaktionsträge Gase, die sich nicht am Stoffwechsel beteiligen
12. Wie viel Blei braucht ein Taucher im Meer?
    Wenn er dieselbe Ausrüstung verwendet wie im Süßwasser, braucht er 2-3 kg mehr
13. Wie groß ist die Luftmenge in der Lunge eines Tauchers in 1000 m Seehöhe, wenn das Lungenvolumen 6 Liter beträgt?
    Die Lunge kann in 1000 m Seehöhe 0,9 bar × 6 Liter = 5,4 bar Liter Luft aufnehmen.
14. Wie verändert sich die zu erwartende Grundzeit, wenn die Flasche im kalten Wasser abkühlt und ihr Druck um 10 % sinkt?
    Da sich die Luftmenge nicht verändert, verändert sich auch die Grundzeit nicht
15. Warum erwischen Tauchanfänger bei Strömung die Schiffsleiter nicht?
    Weil sie weiter weg ist, als man sie sieht
16. In welcher Tiefe findet man 1 bar Umgebungsdruck, wenn der See 1000 m hoch liegt?
    In 1 m Tiefe.

4 Physiologie

Während des Tauchgangs wird Luft mit erhöhtem Druck geatmet und daher vermehrt Stickstoff vom Blut gelöst und in die verschiedenen Gewebe transportiert. Gelöste Inertgase müssen beim Aufstieg wieder vom Blut abtransportiert und in den Lungenbläschen abgeatmet werden. Es wurden verschiedene Modelle entwickelt, nach welchen man auf der einen Seite die **Lösungsvorgänge** in den menschlichen Geweben und auf der anderen Seite die **Bläschenbildung** nachvollziehen und berechnen kann. Diese Theorien bilden die Grundlage von Dekotabellen und Tauchcomputern, sowie von verschiedenen Tauchvorschriften.

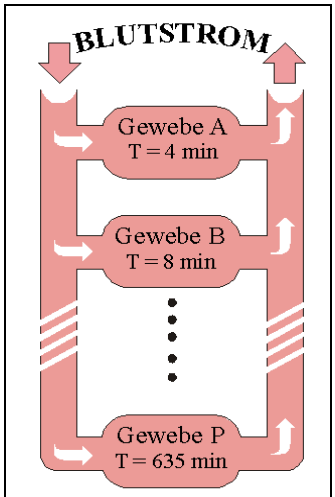
4.1 Gastheorien

Sir John Scott Haldane schuf die Grundlagen für alle heutigen Tauchtabellen und Tauchcomputer, indem er als erster die Löslichkeit des Stickstoffs in unterschiedlichen menschlichen Geweben untersuchte. Er erkannte, dass die verschiedenen Gewebe – je nach Durchblutung – den Stickstoff unterschiedlich schnell aufnehmen und wieder abgeben können und dass Stickstoffbläschen für die Entstehung der Dekompressionskrankheit (früher „Caissonkrankheit“ – heute DCS = Decompression Sickness) verantwortlich sind.

Prof. Albert Bühlmann experimentierte mit verschiedenen Gewebetypen. Er stellte durch reelle Tauchgänge und Druckkammerversuche fest, dass jedes Gewebe abhängig vom Umgebungsdruck ein bestimmtes Übermaß an gelösten Inertgasen toleriert, ohne dass es zur Bildung von Gasblasen kommt. Bühlmann bezog seine Untersuchungen nicht auf Meeresniveau, wie seine Vorgänger, sondern er ging vom jeweiligen Luftdruck aus. Dadurch konnte er das Problem des verminderten Luftdrucks bei Tauchgängen in Bergseen mathematisch lösen. Er veröffentlichte **Tabellen für verschiedene Höhenbereiche**.

4.2 Gewebemodell

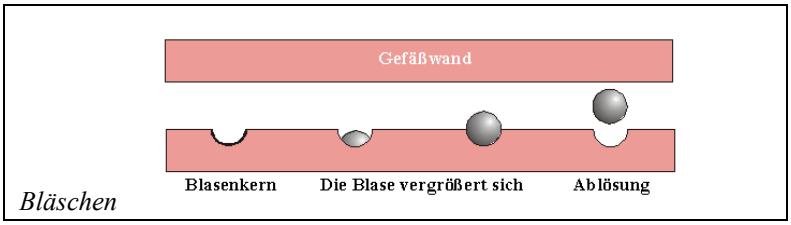
Bühlmann unterteilte die menschlichen Gewebe in 16 unterschiedliche statistische Gewebe („Kompartimente“ A-P). Die Gewebe werden je nach Durchblutung unterschiedlich schnell mit Inertgas aufgeladen und wieder entladen. **Die sog. Halbwertszeit gibt an, wie schnell der Druckunterschied zwischen Gewebe und Atemluft halbiert wird.** Das ZHL-Modell von Bühlmann bildet heute den Kern aller neuen Computer einschließlich der sog. Bläschenmodelle. Die Kompartimente A-P stellen die sog. „Wiederholungsgruppen“ der Bühlmanntabellen dar.



ZHL-Modell

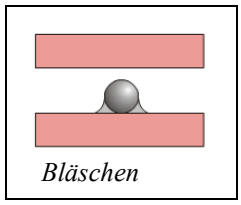
4.3 Theorie der Mikrobläschen

In verschiedenen Studien (u. a. von der internationalen Sicherheitsorganisation „Divers Alert Network, DAN“) wurde nachgewiesen, dass fast nach jedem konventionellen Tauchgang Mikrobläschen entstehen – auch dann, wenn die jeweiligen Dekompressionsvorschriften genau eingehalten werden. Mikrobläschen lassen sich mit einem Doppler-Detektor feststellen, wenn sie eine bestimmte Mindestgröße haben und sich mit dem Blutstrom bewegen.



Bläschen

Während des Aufstiegs, also bei Verminderung des Umgebungsdrucks, können sich in den Geweben kleinste Gasblasen bilden. Da sie keinerlei Symptome erzeugen, werden sie als „silent bubbles“ (stille Bläschen) bezeichnet. Bei rascher Abnahme des Umgebungsdruckes wachsen die Gasbläschen schnell und können in einer Kapillare stecken bleiben. Sie verursachen eine Entzündungsreaktion, weil sie von der Immunabwehr als „Fremdkörper“ betrachtet und von Abwehrzellen angegriffen werden. Die Durchblutung wird unterbrochen und – je nach betroffenem Organ – können verschiedene Symptome einer DCS auftreten.

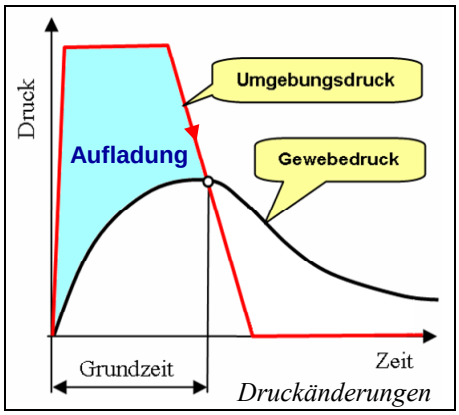

Bläschen

Von der DAN Europe Forschungsgruppe wurde bei Untersuchungen des Aufstiegsverhaltens nachgewiesen, dass durch einen „extra“ (zusätzlichen) tiefen Sicherheitsstopp während des Aufstiegs die Anzahl der Bläschen reduziert werden kann. Inertgas kann den menschlichen Körper schneller verlassen, so lange noch keine Mikrobläschen gebildet worden sind. Je weniger Bläschen, desto geringer ist die Wahrscheinlichkeit, dass DCS-Symptome auftreten. Wenn ein „tiefer Sicherheitsstopp“ in halber Tiefe eingehalten wird ist der Umgebungsdruck so hoch, dass das Gas in Lösung bleibt. Es kann zur Lunge transportiert und ausgeatmet werden, bevor es in größeren Mengen in Mikrobläschen diffundiert und diese vergrößert.

4.4 Was passiert in den einzelnen Phasen eines Tauchgangs?

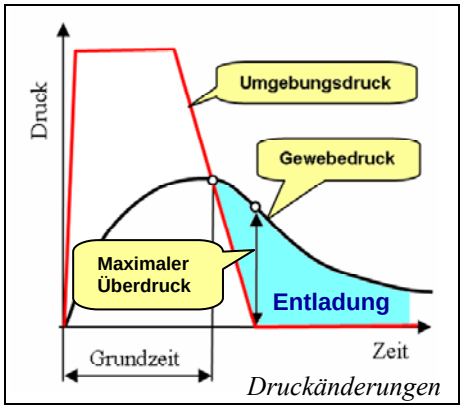
4.4.1 Grundzeit

Der Gasdruck in den Geweben mit den kürzesten Halbwertszeiten (schnelle Gewebe) steigt relativ schnell auf hohe Drücke an. Langsamere Gewebe erreichen nur geringere Drücke. Die größte Aufladung „mittlerer“ Gewebe erfolgt in der Zeit vom Beginn des Abstieges bis zum Erreichen des „tiefen Sicherheitsstopps“. Diese Zeit wurde daher als „Grundzeit“ neu definiert. Sie dient zur Planung der Dekompression. Als „Tauchtiefe“ gilt die größte erreichte Wassertiefe (der größte erreichte Druck).



Druckänderungen

4.4.2 Austauchphase



Druckänderungen

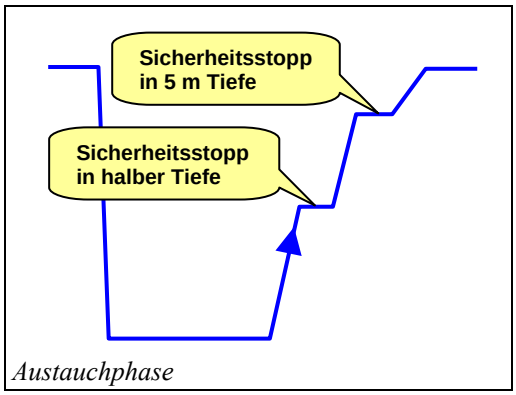
Am Grund ist der Umgebungsdruck am größten, deshalb werden alle Gewebe aufgeladen. Während des Aufstiegs beginnt der Umgebungsdruck zu sinken und damit wird die Aufladung schwächer, bis sie in einer bestimmten Tiefe aufhört, weil dort Druckgleichgewicht herrscht. Steigt der Taucher weiter auf, so sinkt der Umgebungsdruck unter den Gewebedruck und die Entladung beginnt. Im Gewebe entsteht ein relativer Überdruck, der zunimmt, je weiter der Taucher aufsteigt. Solange der zulässige Überdruck (M-Value = Maximalwert) nicht überschritten wird, werden keine Bläschen gebildet.

4.4.3 Der Umgebungsdruck hält das Gas in Lösung

So lange der Umgebungsdruck (Druck der Atemluft) groß genug ist, bleibt das Gas im gelösten Zustand. Wenn der Umgebungsdruck zu gering ist, **weil der Taucher zu weit aufsteigt**, oder **weil der Luftdruck am Bergsee** zu gering ist, kann das Gewebe das Gas nicht mehr in Lösung halten und es bilden sich Blasen. Bühlmann berechnete, bis zu welchem „Tolerierten Umgebungsdruck“ (minimale Tiefe) ein Taucher ohne Symptome einer DCS aufsteigen darf.

4.4.4 Zwei Sicherheitsstopps während der Austauchphase vermeiden Blasen

Auf der einen Seite soll **möglichst weit aufgestiegen** werden, damit der Druckabbau rasch erfolgt und der Taucher schnell aus dem Wasser kommt. Auf der anderen Seite soll der Taucher **möglichst tief bleiben**, damit die Bläschen klein gehalten werden. Diese widersprüchlichen Forderungen konnten gelöst werden. Messungen von DAN haben ergeben, dass die Bildung von Blasen nachweislich vermieden wird, wenn **sowohl ein tiefer als auch ein flacher Sicherheitsstopp** eingehalten wird und wenn der Aufstieg **in Oberflächennähe langsamer** erfolgt.



Austauchphase

Während des tiefen Stopps erfolgt der Druckabbau in den schnellsten Geweben. Die langsameren Gewebe werden in den traditionellen Dekotiefen 9 m, 6 m und 3 m dekomprimiert. Jedes Gewebe muss so lange dekomprimiert werden, bis es den Druck der nächsthöheren Dekostufe oder den Oberflächendruck toleriert.

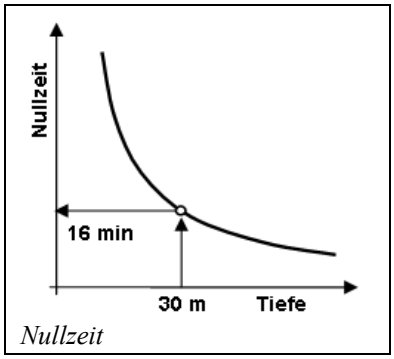
Wenn keine Dekompressionszeit vorgeschrieben ist, soll ein Taucher trotzdem einen zweiten Sicherheitsstopp in 3-6 m Tiefe zur Sicherung des Druckausgleichs in der Lunge einhalten. Da dieser „traditionelle" Sicherheitsstopp nur in der sog. Nullzeit stattfindet, wird er auch als Nullzeitstopp bezeichnet. Es gilt der **Grundsatz von DAN: „No bubbles – no troubles**" (keine Blasen – keine Probleme).

! **Hinweis:** Mit Tauchcomputern wird empfohlen, im Anschluss an den „tiefen Sicherheitsstopp" die Dekompression 1 m tiefer zu beginnen, als der Computer anzeigt. Man beginnt tiefer und nähert sich in 1 min langsam an die angezeigte Dekostufe bzw. die Oberfläche. Man verhindert damit, dass der tolerierte Umgebungsdruck eines Gewebes erreicht wird.

4.4.5 Die Nullzeit

Solange ein Gewebe den jeweiligen Luftdruck ohne Symptome einer DCS „toleriert", befindet es sich in der Nullzeit. Bei einem Tauchgang innerhalb der Nullzeit werden von einer Tauchtabelle oder von einem Computer noch keine Dekompressionspausen vorgeschrieben, deshalb werden Tauchgänge in der Nullzeit gewöhnlich als „dekompressionsfrei" bezeichnet. Die Nullzeit wird als NDL (**N**o **D**ecompression **L**imit = dekompressionsfreie Grenze) bezeichnet.

Die Nullzeit hängt vom jeweiligen Luftdruck (z.B. in Höhe eines Bergsees) und von der Tauchtiefe ab. Sie wird umso kürzer, je höher der Tauchplatz liegt und je tiefer der Tauchgang ist. Jedes Gewebe hat eine andere Nullzeit. Das Gewebe mit der kürzesten Nullzeit wird als „Leitgewebe" bezeichnet und bestimmt die Nullzeit des Tauchers in der jeweiligen Tiefe. Während des Tauchgangs wird die Nullzeit immer kürzer. Steigt der Taucher auf, so zeigt der Computer, dass die Nullzeit wieder länger wird.



Nullzeit

Die Nullzeit wird verkürzt, wenn der Tauchgang mit einem erhöhten Anfangsdruck beginnt. Der Anfangsdruck kann **nach einem schnellen Aufstieg zu Bergsee** erhöht sein, wenn sich die langsamen Gewebe noch nicht an den verminderten Luftdruck angepasst haben. Er kann auch erhöht sein, **wenn bereits ein Tauchgang voraus gegangen ist** und sich die Gewebe noch nicht entladen haben.

4.5 Tauchgänge

4.5.1 Tauchgänge in der Nullzeit

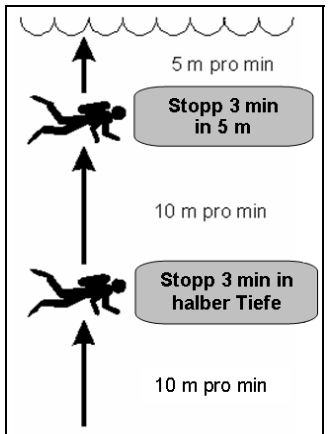
Eine **Sicherheitsregel** sagt, dass der **Aufstieg innerhalb der Nullzeit spätestens mit 50 bar** beginnen soll. Wenn ein Taucher während des Aufstiegs zur Oberfläche keine Sicherheitsstopps einhält, muss er mit Blasen rechnen. Je tiefer der Tauchgang, desto mehr Blasen sind zu erwarten. Am meisten Blasen entstehen nach einem Wiederholungstauchgang, auch wenn er in der Nullzeit stattfindet. Bei Tauchgängen unter 10 m Tiefe ist die Blasenbildung noch relativ gering.

- **Bei Tauchgängen ab 10 m Tiefe**

wird deshalb der **„flache" Sicherheitsstopp („NDL Stop" = Nullzeitstopp)** in 5 m Tiefe empfohlen. Er dauert 3 min bei Ersttauchgängen und 5 min bei Folgetauchgängen. Die Aufstiegsgeschwindigkeit vom Grund bis 5 m Tiefe soll nicht schneller werden als 10 m/min. Beim Aufstieg vom 5 m Stopp zur Oberfläche wird sie auf 5 m/min halbiert. So lange die Tauchtiefe geringer ist als 18 m, sind übliche Tauchflaschen leer, bevor die Nullzeit zu Ende ist.

- **Bei Tauchgängen ab 18 m Tiefe**

soll der Taucher mit 50 bar in halber Tiefe (maximal 15 m tief) eintreffen und dort einen **„tiefen Stopp"** von 3 min einhalten. Der Taucher beobachtet sein Finimeter und stellt sich rechtzeitig darauf ein, dass er (spätestens) mit 50 bar beim tiefen Stopp ankommt. Der Aufstieg bis zum tiefen Stopp soll nicht schneller sein als 10 m/min. Im Anschluss an den tiefen Stopp steigt der Taucher mit 10 m/min zum 5 m-Stopp und dann weiter mit 5 m/min zur Oberfläche auf wie vorhin.



Aufstieg in der Nullzeit

Hinweis: Die beiden empfohlenen Sicherheitsstopps sind keine obligatorischen Dekompressionsstopps. Trotzdem sollte ein Taucher blasenarm austauchen und nur in einem Notfall darauf verzichten.

4.5.2 Tauchpausen

Die **Oberflächenpause** zwischen 2 Tauchgängen ist meist zu kurz, dass sich alle langsamen Gewebe auf ihren Anfangsdruck entladen können. Je kürzer die Oberflächenpause, desto größer ist der Inertgasrest in den Geweben. Mikrobläschen erreichen ihr Maximum etwa ½ Stunde nach Ende des Tauchganges. Sie werden im „Lungenfilter" festgehalten und wieder abgebaut. Je nach Intensität klingen sie in 1-2 Stunden wieder ab. Auch wenn Dekotabellen sehr kurze Oberflächenpausen angeben, wird empfohlen, wenigstens **2 Stunden** zu warten, bis ein Wiederholungstauchgang durchgeführt wird.

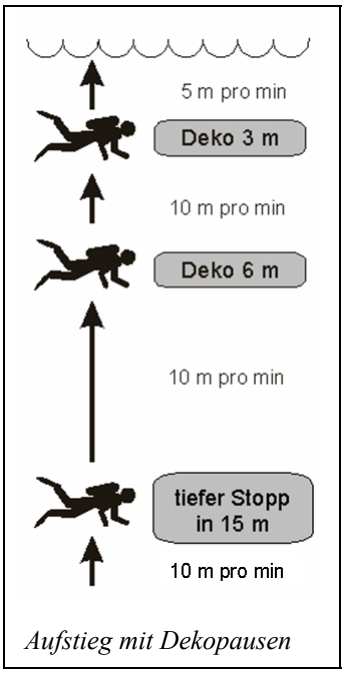
Mit jedem Folgetauchgang nimmt der Druck langsamer Gewebe zu, sodass nach 3 Tauchgängen eine **längere (nächtliche) Pause** notwendig wird, um den Druck wieder abzubauen. Der Druck der langsamsten Gewebe nimmt von Tag zu Tag zu, sodass nach einer Tauchwoche (besser nach 3-5 Tagen) ein **tauchfreier Tag** eingeplant werden soll.

4.5.3 Wiederholungstauchgänge und Dekotauchgänge

Ein Folgetauchgang, der mit dem Restdruck der Gewebe aus dem Ersttauchgang beginnt, wird als Wiederholungstauchgang bezeichnet. Je größer der Restdruck, desto weiter steigen bei einem Wiederholungstauchgang die Gewebedrücke, umso länger muss dekomprimiert werden. Nach Wiederholungstauchgängen werden hohe Blasengrade gemessen, daher er-

scheint der tiefe Stopp hier besonders wichtig. Für die Planung eines Wiederholungstauchgangs nimmt man an, dass der Taucher bereits die sog. **„Stickstoff-Restzeit“** in der zugehörigen Tiefe verbracht hat. Wenn der Tauchgang beginnt, ist diese Stickstoff-Restzeit (**R**esidual **N**itrogen **T**ime = RNT) scheinbar schon vergangen. Die Nullzeit wird daher um diesen Wert verkürzt, während die rechnerische Grundzeit um diesen Wert verlängert wird. Man entnimmt die Stickstoff-Restzeit der „Wiederholungstabelle“ als sog. **„Zeitzuschlag“** (Abschnitt 6).

Je kürzer die Oberflächenpause, desto länger wird der Zeitzuschlag, so dass die Nullzeiten immer kürzer werden. Nullzeiten können daher in der Praxis nur mit Tauchcomputern „ausgeschöpft“ werden, was jedoch gewisse Risiken in sich birgt, weil der Sicherheitsrahmen mit jedem Tauchgang an der Nullzeitgrenze kleiner wird. Auch wenn in Tabellen sehr kurze Oberflächenintervalle angeführt sind, sollte die Pause zwischen zwei Tauchgängen (wie bereits erwähnt) möglichst 2 Stunden betragen, damit Mikrobläschen abklingen können.



Aufstieg mit Dekopausen

Tiefe Wiederholungstauchgänge überschreiten meist die Nullzeitgrenze und erfordern Dekompressionsstopps. Der Taucher muss in der vorgegebenen Dekostufe warten, bis seine Gewebe den Druck in der nächsthöheren Stufe oder an der Oberfläche tolerieren.

! ***Achtung:*** *Während die bisher genannten Sicherheitsstopps zur Vermeidung von Mikrobläschen empfohlen werden, sind Dekostopps zwingend vorgeschrieben. Sicherheitsstopps dürfen nur in einem Notfall ausgelassen werden.* ***Werden Dekostopps ausgelassen, muss mit Symptomen der DCS gerechnet werden.***

4.5.4 Tauchgänge in Bergseen

Die Gewebe eines Tauchers sind in Höhe seines Wohnortes gesättigt. Steigt der Taucher zu einem Bergsee auf, so vermindert sich der Luftdruck um annähernd 10 % pro 1000 m Höhenzuwachs. **In 1000 m Höhe finden wir den Umgebungsdruck von 1 bar bereits 1 m tief unter Wasser**. Die Körpergewebe geben während des Aufstiegs zum Bergsee Stickstoff ab. Manche Computer können dem Taucher nach dem Aufstieg zum Bergsee anzeigen, wie lange seine Körpergewebe dazu brauchen werden (Entsättigungszeit).

Will der Taucher unmittelbar nach Erreichen des Bergsees tauchen, so ist der neue Gleichgewichtszustand noch nicht erreicht. Der „Restdruck“ den die Gewebe des Tauchers vom Tal mitgenommen haben, vergrößert den Druck der langsamsten Gewebe, wie ein Tauchgang in größere Tiefe. **Dazu kommt, dass die Gewebe umso weniger Gas in Lösung halten können, je geringer der Luftdruck ist.** Je schneller der Aufstieg zum Bergsee, desto mehr Gas nehmen die Gewebe vom unteren Höhenbereich mit. Sowohl die Seehöhe, als auch der Aufstieg zum See sind somit entscheidende Faktoren für die Planung von Bergseetauchgängen. Dekozeiten werden länger und die Dekompression muss in größerer Tiefe beginnen.

Für die Einstellung und Anwendung der Computer am Bergsee müssen eigene Regeln beachtet werden. Es gilt die Betriebsanleitung der jeweiligen Computerhersteller. Beim Suunto Vyper muss beispielsweise nach einer Höhenänderung vor dem Tauchgang eine Anpassungszeit von mindestens 3 Stunden abgewartet werden.

Die Bergseetabellen von Bühlmann gelten nur innerhalb eines bestimmten Höhenbereichs. Wenn Wohnort und Tauchplatz in verschiedenen Höhenbereichen liegen, dürfen sie erst nach einer Anpassungszeit von 12 oder 24 Stunden in Höhe des Tauchplatzes verwendet werden. Wenn nicht anders angegeben, darf auch innerhalb des Höhenbereichs kein Aufstieg erfolgen.

4.6 Fliegen und Passfahrten nach dem Tauchen.

Das in den Tabellen angegebene Flugverbot gilt für Flüge ohne Druckkabine in 2000 m Höhe über dem jeweiligen Tauchplatz. Die Tabelle eignet sich daher gewöhnlich nur für Fahrten über höher liegende Pässe. Es ist oft einfacher, wenn man den Höhenbereich des Computers auf die größte Höhe stellt, die nach dem Tauchgang überquert werden soll und das Flugverbot des Computers beachtet. Es kann jedoch nicht jeder Computer manuell eingestellt werden.

Bei langen Urlaubsflügen bewirken die trockene Luft und der Bewegungsmangel ein erhöhtes DCI-Risiko durch das sog. Economy-Class-Syndrom. Vor dem Rückflug wird daher eine längere Wartezeit empfohlen, das heißt, am letzten Urlaubstag soll nicht mehr getaucht werden.

4.7 Zusammenfassung der Faktoren, die das Austauchverhalten bestimmen

- **Große Kälte**

Sie erhöht einerseits die Lösung von Inertgas in Haut und Muskulatur, bewirkt andererseits mit zunehmender Tauchdauer eine verminderte Durchblutung und behindert den Abtransport der Inertgase aus dem Fettgewebe unter der Haut während des Aufstiegs. Kälte erfordert eine längere Dekompression, da die Inertgasabgabe verzögert wird. Sporttaucher müssen daher den Tauchgang abbrechen, **bevor sie zu frieren beginnen**.

- **Starke körperliche Beanspruchung**

Sie verstärkt die Durchblutung und fördert dadurch die Aufladung der Gewebe während des Tauchgangs. Erhöhte Arbeitsleistung wirkt sich wie ein verlängerter Tauchgang aus und erfordert längere Stopps, um das Inertgas ohne Blasenbildung wieder auszuscheiden. Sporttaucher müssen daher **große Anstrengungen vermeiden**, weil ihr Computer diese Belastung nicht messen kann und weil sie **„außer Atem“** kommen können (ein bedrohlicher Zustand).

- **Tauchtiefe**

Je größer die Tiefe, desto mehr Inertgas wird pro Zeiteinheit in den Geweben gelöst. Je tiefer der Tauchgang, desto höher werden die Drücke der schnellsten Gewebe, umso tiefer muss die Dekompression beginnen. Als Tauchtiefe wird die größte erreichte Tiefe bezeichnet.

- **Grundzeit**

Je länger die Grundzeit, desto mehr Inertgas wird in den Geweben gelöst. Da der Aufstieg manchmal relativ langsam erfolgt, wurde die „Grundzeit“ als jene Zeit definiert, in der die stärkste Aufsättigung der Gewebe erfolgt. Sie umfasst daher die Zeit vom Beginn des Abstieges bis zum Erreichen des tiefen Sicherheitsstopps. Wenn Dekopausen geplant wurden, steht für den Tauchgang weniger Druck zur Verfügung und die Grundzeit wird kürzer.

- **Der „tiefe Stopp“ bei Tauchgängen ab 18 m Tiefe dauert 3 Minuten**

Der erste Stopp, der beim Aufstieg erreicht wird, ist gewöhnlich der tiefe Stopp zur Vermeidung zahlreicher Mikrobläschen. Er wird in etwa 15 m oder in halber Tauchtiefe eingehalten, wenn diese geringer als 30 m war. Der Taucher liest beim Erreichen dieses Stopps seine Instrumente ab und bestimmt seinen weiteren Aufstieg incl. allfälliger Dekopausen. Die Wahrscheinlichkeit der Blasenbildung nach einem Tauchgang nimmt mit dessen maximaler Tiefe zu. Wiederholungstauchgänge erzeugen besonders viele Mikrobläschen, daher ist der tiefe Sicherheitsstopp hier besonders wichtig.

- **Der „flache Stopp“ bei Tauchgängen ab 10 m Tiefe dauert 3 bis 5 Minuten**

Dieser traditionelle Sicherheitsstopp in etwa 5 m Tiefe (Nullzeitstopp) dient zum Abbau von Blasen im Lungenfilter und verlangsamt gleichzeitig die Annäherung an den Oberflächendruck, damit das Gas aus allen Lungenabschnitten ausgeatmet werden kann, auch wenn durch Schleim verlegte, kleine Bronchien das Abatmen verzögern sollten.

- **Die Aufstiegsgeschwindigkeit vom Grund bis 5 m Tiefe beträgt 10 m/min**

In großer Tiefe erscheint theoretisch eine größere Aufstiegsgeschwindigkeit sinnvoll, damit sich langsamere Gewebe während des Aufstieges nicht noch weiter aufsättigen. In geringen Tiefen soll eine möglichst geringe Aufstiegsgeschwindigkeit die Anzahl und das Wachstum von Mikrobläschen verhindern. Verschiedene Tauchcomputer lassen daher tiefenabhängige Aufstiegsgeschwindigkeiten von 20 bis 7 m pro min zu.

Neuere Messungen von DAN haben bei zahlreichen Tauchgängen ergeben, dass die geringste Blasenentwicklung auftritt, wenn der Aufstieg vom Grund (in 25 m) bis in 5 m Tiefe mit 10 m/min (≈ 16 cm/sec) erfolgt.

- **Die Aufstiegsgeschwindigkeit von 5 m zur Oberfläche beträgt 5 m/min**

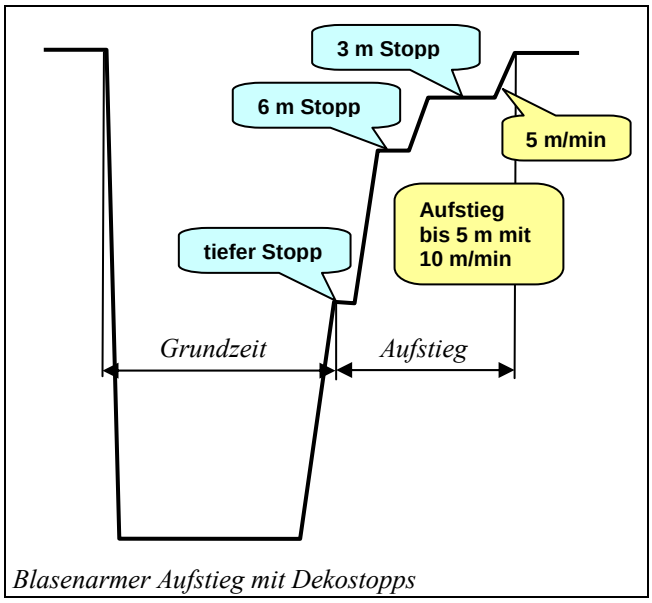
Der Aufstieg von der letzten Dekostufe oder vom 5 m Nullzeitstopp zur Wasseroberfläche muss „bewusst langsam“ sein. Vom Nullzeitstopp zur Oberfläche wird die bisherige Aufstiegsgeschwindigkeit auf 5 m/min (≈ 8 cm/sec) halbiert.

- **Dekostopps**

Sind zwingende Unterbrechungen des Aufstiegs, welche verhindern, dass der tolerierte Umgebungsdruck unterschritten wird. Es darf daher, besonders am Beginn einer Dekopause, nicht weiter aufgestiegen werden, als der Computer angibt.

- **Tauchpausen**

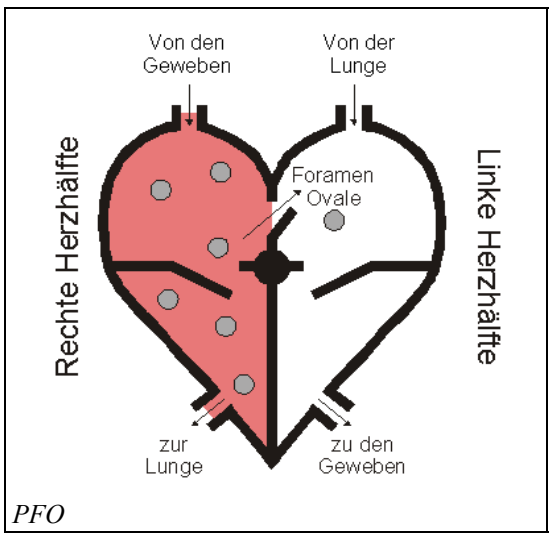
Zu den Faktoren, welche die Dekompression beeinflussen, gehören auch Oberflächenpausen zwischen sog. „Wiederholungstauchgängen“, nächtliche Pausen und Pausen nach jedem 3. bis 5. Tauchtag, welche sicherstellen, dass die Inertgasbelastung langsamer Gewebe abgebaut werden kann.



Blasenarmer Aufstieg mit Dekostopps

4.8 Können alle Tauchunfälle vermieden werden?

In der Realität können weder Tabellen noch Computer einen absoluten Schutz vor Symptomen einer Dekompressionskrankheit garantieren, weil für deren Entstehung noch zahlreiche andere Faktoren verantwortlich sind, die von den Hilfsmitteln zur Tauchgangsberechnung nicht erfasst werden können. Dazu zählen z.B. Flüssigkeitsmangel, Medikamentenkonsum, körperliche Belastung, Unterkühlung, Flüge oder Fahrten über höher gelegene Pässe nach dem Tauchen oder aber körperliche Besonderheiten, wie ein „offenes Foramen Ovale“ (PFO).



PFO

Mit PFO bezeichnet man eine Verbindung der beiden Vorhöfe des Herzens, welche eigentlich der Sauerstoffversorgung des Ungeborenen dient, da dieses noch nicht selbständig atmet. Bei ca. 30 % der Menschen (also auch der Taucher) schließt sich dieses „Foramen Ovale“ nach der

Geburt nicht ganz. Für den Alltag spielt diese „Naturvariante“ keine Rolle. Anders ist es jedoch beim Tauchen: Durch Anstrengungen wie z.B. Pressdruck oder Husten am Ende eines Tauchganges können im venösen Kreislaufschenkel befindliche Gasbläschen durch diesen „Kurzschluss“ im Herzen statt in die Lunge direkt in den arteriellen Kreislauf gelangen und dort Gefäßverschlüsse (sog. „Embolien“) verursachen. **Probleme mit einem PFO lassen sich vermeiden, wenn man blasenarm austaucht und die genannten Anstrengungen vermeidet**.

Kurze, anstrengende, tiefe (Wiederholungs-) Tauchgänge begünstigen die Bläschenbildung. Dem „tiefen Sicherheitsstopp“ kommt hier eine besondere Bedeutung zu! **Wenn man Rettungsübungen an den Anfang eines Tauchgangs legt und den Aufstieg nur aus geringen Tiefen übt, werden weniger Bläschen gebildet.** Da die Schwierigkeiten beim Verlassen des Grundes und vor dem Erreichen der Oberfläche auftreten, kann das Übungsziel auch beim Aufstieg aus geringer Tiefe erreicht werden.

Ein neuerlicher Abstieg nach einem Tauchgang (auch Apnoetauchen ohne Tauchgerät!) mit anschließendem raschem Aufstieg, z.B. um den verklemmten Anker zu lösen, bedeutet einen Wiederholungstauchgang mit kurzer Oberflächenpause. **Der Anker kann auch 2 Stunden später gelöst werden, wenn die Mikrobläschen wieder abgeklungen sind.**

! ***Achtung:*** *Durch die neuerliche Druckzunahme beim Abstieg werden die Gasbläschen im „Lungenfilter“ komprimiert und können dadurch in den arteriellen Kreislaufschenkel gelangen. Beim Aufstieg dehnen sich die Bläschen aus, können Arterien verschließen und Symptome eines Tauchunfalls bedingen. Aus diesem Grund darf auch dann nicht abgetaucht werden, wenn jemand der Meinung ist, dass dadurch die zu erwartenden Blasen abgebaut werden*.

Jede sportliche Betätigung nach dem Tauchen (auch Radfahren!) muss vermieden werden, weil sich verstärkt Mikroblasen ablösen.

Ausreichende Flüssigkeitszufuhr zwischen den Tauchgängen verhindert, dass Flüssigkeitsmangel zur „Eindickung“ des Blutes führt und die Inertgasabgabe erschwert. Bei einem durchschnittlichen Tauchgang kann der Körper bis zu 2 Liter Flüssigkeit (hauptsächlich durch vermehrte Harnproduktion, Schwitzen und Befeuchtung des trockenen Atemgases) verlieren. Der Flüssigkeitsverlust wird durch Kälte, Erbrechen, Durchfall, harnproduzierende Getränke (Kaffee, Tee, Alkohol!) evtl. durch Medikamente zusätzlich gefördert. Bei Erkrankungen darf nicht getaucht werden.

Eine Reihe von Unfallursachen kann vermieden werden, wenn der Taucher seinen Kreislauf in Schwung hält, wenn er beim Tauchen keine großen körperlichen Belastungen auf sich nimmt und **wenn er seine Tauchgänge so plant, dass Mikrobläschen vermieden werden**.

Rauchen verengt die Blutgefäße und behindert dadurch den Abtransport von Inertgasen. Die Schleimbildung in der Lunge wird vergrößert und dadurch der Druckausgleich in der Lunge erschwert. Rauchern wird daher dringend empfohlen, blasenarm auszutauchen und wenn möglich auf das Rauchen zu verzichten.

4.9 Physiologie: Fragen und Antworten

1. Wie lange muss ein Gewebe dekomprimiert werden?
   Bis es den Druck der nächsthöheren Dekostufe oder den Oberflächenluftdruck toleriert.
2. Was versteht man unter der Grundzeit?
   Die Grundzeit dauert vom Abtauchen bis zum Erreichen des tiefen Sicherheitsstopps.

3. Was passiert während der „Grundzeit“?
   Die einzelnen Gewebe werden unterschiedlich stark mit Inertgasen aufgeladen. Die schnellsten Gewebe erreichen dabei die höchsten Drücke.

4. Was passiert am Ende der „Nullzeit“?
   Am Ende der Nullzeit hat das Leitgewebe für die jeweilige Tauchtiefe den höchstzulässigen Gewebedruck erreicht, mit dem – bisher – auch ohne Einhalten von Sicherheitsstopps ein Aufstieg zur Oberfläche durchgeführt wurde.

5. Was passiert während des Aufstieges?
   Sobald der Umgebungsdruck geringer ist als einer der Gewebedrücke, beginnt die Entsättigung des jeweiligen Gewebes. Schnelle Gewebe entsättigen sich schon während des Aufstiegs, langsame Gewebe werden in dieser Phase noch weiter aufgeladen.

6. Was versteht man unter dem „tolerierten Umgebungsdruck“?
   Es ist der geringste Umgebungsdruck (= Druck der Atemluft), den ein Gewebe ohne Blasenbildung verträgt, wenn es mit Inertgas aufgeladen wurde.

7. Welche Phase der Dekompression ist die empfindlichste?
   Die Annäherung an den tolerierten Umgebungsdruck. Dekotiefen dürfen nicht unterschritten werden und der Aufstieg aus 5 m zur Wasseroberfläche muss bewusst langsam sein.

8. Was passiert in den Dekopausen?
   Die Gewebe werden stufenweise entsättigt, bis sie am Ende der Dekompression den Oberflächendruck schadlos tolerieren.

9. Was passiert während der Oberflächenpause?
   Die Gewebedrücke beginnen sich durch Atmung von atmosphärischer Luft unterschiedlich schnell an den atmosphärischen Luftdruck anzupassen. Die Gewebe werden entsättigt.

10. Wozu dienen die Zeitzuschläge?
    Zeitzuschläge entsprechen der „Stickstoff-Restzeit“. Durch den Zeitzuschlag zur Grundzeit werden die Dekozeiten verlängert.

11. Wozu dient ein „tiefer Sicherheitsstopp“?
    Er dient in erster Linie der Vermeidung einer größeren Anzahl von Mikrobläschen. Gas bleibt in größerer Tiefe in Lösung und wird abgeatmet. Bläschen bilden sich zurück.

12. Wie tief wird der tiefe Stopp durchgeführt?
    In halber Tiefe (max. 15 m). Stopps tiefer als 15 m müssen zur Grundzeit addiert werden.

13. Durch welche weiteren Maßnahmen wird ein „blasenarmer Aufstieg“ gefördert?
    5 m Sicherheitsstopp und Halbierung der Aufstiegsgeschwindigkeit in Oberflächennähe

14. Was passiert, wenn der Tauchplatz höher liegt als der Wohnort?
    Langsame Gewebe können sich während des Aufstieges zum Tauchplatz nicht rechtzeitig anpassen und behalten ihren Druck, deshalb werden längere Dekozeiten erforderlich.

15. Wie und warum verändert sich die „Nullzeit“ im Bergsee?
    Langsame Gewebe dürfen bei vermindertem Luftdruck nicht so weit aufgeladen werden, weil sie weniger Inertgas in Lösung halten können. Die Nullzeiten werden daher kürzer.

5 Tauchmedizin

5.1 Atmung

Mit der Nahrung aufgenommene Stoffe werden in den Körperzellen „verbrannt“ Für diesen Vorgang ist Sauerstoff erforderlich. Alle Zellen nehmen Sauerstoff (O_2) auf und geben Kohlendioxid (CO_2) ab. Die Aufgabe der Atmung besteht darin, die Zellen über das Blut mit O_2 zu versorgen und das CO_2 aus dem Körper zu entfernen. Atmung und Kreislauf sind funktionell eng miteinander verbunden.

Die Luft wird durch Mund und/oder Nase, über die Luftröhre und die Bronchien bis in die kleinsten Aufteilungen der Atemwege, in die sog. „Lungenbläschen“ (Alveolen), geleitet. Diese bilden in der Summe eine große Oberfläche, an der sich der Gasaustausch vollzieht: Sauerstoff dringt aus der Luft direkt in die angrenzenden Haargefäße (Kapillaren) der Lunge ein, während Kohlendioxid aus dem Blut in die Lungenbläschen abgegeben wird. Die Richtung des Gastransports entspricht dem Konzentrationsgefälle (Partialdruckgefälle), d. h. der Gastransport erfolgt vom Ort der höheren zum Ort der niedrigeren Konzentration. Der Vorgang läuft (wie bereits erwähnt) passiv ab und wird als „Diffusion“ bezeichnet.

5.2 Blut und Kreislauf

Das Blut besteht aus Flüssigkeit (Plasma) und festen Bestandteilen (rote und weiße Blutkörperchen, Blutplättchen). Es dient als Transportmittel und versorgt die Körpergewebe mit Sauerstoff und Nährstoffen. Auch der Abtransport von Stoffwechselprodukten (z.B. CO_2) aus den Zellen erfolgt über das Blut.

Das Herz pumpt als zentraler Motor mit seiner linken Kammer das von der Lunge kommende, mit Sauerstoff angereicherte Blut in die Arterien des sog. „**großen Kreislaufs**“. Die Arterien teilen sich immer weiter auf, werden schließlich in der Körperperipherie zu Kapillaren und versorgen die Organe (Gehirn, Herzmuskel, Magen-Darm-Trakt, Muskeln, Niere, Haut usw.) mit Sauerstoff und Nährstoffen. Das bei den Verbrennungsvorgängen entstehende CO_2 wird aus den Zellen ins Blut abgegeben.

In Venen, die durch Zusammenflüsse immer größer werden, erreicht das CO_2 -reiche Blut das Herz und wird im sog. „**kleinen Kreislauf**“ von der rechten Herzkammer in die Lunge gepumpt. In den Lungenkapillaren wird CO_2 aus dem Blut in die Lungenbläschen abgegeben und ausgeatmet, das Blut wird mit O_2 angereichert und wieder der linken Kammer zugeführt.

Die Blutversorgung des Körpers richtet sich einerseits nach dem momentanen Bedarf, andererseits nach der Wichtigkeit der Organe. Z.B. verengen sich bei einem größeren Blutverlust die Blutgefäße in der Peripherie, damit die Versorgung zentraler, lebenswichtiger Organe wie Herz und Gehirn aufrechterhalten bleibt. Bei niedrigen Außentemperaturen werden vorwiegend die Gefäße unter der Haut eng gestellt, um eine unnötige Wärmeabgabe beim Abkühlen der Körperoberfläche zu verzögern.

Der zur Versorgung der Gewebe erforderliche Sauerstoff wird hauptsächlich (chemisch) an die roten Blutkörperchen gebunden transportiert. Darüber hinaus löst sich aber auch ein kleiner Anteil physikalisch in der Blutflüssigkeit. Dieser Teil hat unter atmosphärischen Bedingungen keine praktische Bedeutung, kann aber unter Überdruck eine wesentliche Rolle spielen.

5.3 Luftgefüllte Hohlräume des Körpers und Druckausgleich

Einige Hohlräume des menschlichen Körpers stehen direkt oder indirekt mit den Atemwegen in Verbindung und sind daher mit Luft gefüllt. Ein zusätzlicher „künstlicher“ Hohlraum, der über die Nasenöffnung mit diesem System verbunden ist, ist der Innenraum einer Tauchermaske.

Als weiterer gasgefüllter Hohlraum ist der Magen-Darm-Trakt zu betrachten. In ihm können sowohl (verschluckte) Luft als auch bei der Verdauung entstehende Gase druckwirksam werden und im Extremfall beim Auftauchen zu Verletzungen führen.

Herrscht in der Umgebung derselbe Druck, wie in diesen Hohlräumen, dann ist der Druck „ausgeglichen". Wird der Druck nur einseitig erhöht, wie es z.B. beim Abtauchen der Fall ist, wird das Gas in den Körperhöhlen komprimiert, sofern diese eine flexible Begrenzung haben.

Wird z.B. der Brustkorb durch den zunehmenden Wasserdruck zusammengedrückt, erfolgt gleichzeitig eine Kompression der Luft in der Lunge. Solange diese komprimierte Luft in alle an die Atemwege angrenzenden Höhlen gelangt, entspricht der Luftdruck dem Druck des umgebenden Wassers – es gibt keine Druckdifferenz. Hat der Hohlraum starre Wände, die nicht komprimierbar sind, wie die „Nasennebenhöhlen" – und ist die Verbindung zu diesem Hohlraum erschwert oder unterbrochen, so entsteht in ihm ein relativer Unterdruck, der gesundheitliche Schäden nach sich ziehen kann.

Schädigungen treten immer nach dem gleichen Muster auf: Der relative Unterdruck in der betroffenen Höhle erzeugt einen Sogeffekt, der zur vermehrten Blutansammlung in den Gefäßen der Schleimhaut, welche die Höhle auskleidet, führt. Die Schleimhaut schwillt an und wird gedehnt, was mit zum Teil starken Schmerzen verbunden ist. Wird weiter abgetaucht, tritt aus den Blutgefäßen Blutflüssigkeit (Plasma) oder Blut in die Höhle aus, wodurch die eingeschlossene Luft komprimiert wird. Der Flüssigkeitsaustritt „erzwingt" also einen Druckausgleich. Entspricht der Druck in der Höhle dem Umgebungsdruck, nehmen auch die Schmerzen wieder ab.

Beim Aufstieg dehnt sich dann die in der Höhle komprimierte Luft wieder aus. Dabei verdrängt sie auch die Flüssigkeit (meist Blut) nach außen in die Nasenhöhle und weiter in den Maskenraum – Blut vermischt sich mit Restwasser und wird in der Tauchermaske sichtbar. Obwohl die Schädigung – das sog. „Barotrauma" – beim Abtauchen eingetreten ist, werden die Auswirkungen für den/die Tauchpartner erst beim Auftauchen erkennbar.

! ***Vorsicht:*** *Sobald beim Abstieg Schmerzen im Bereich der Ohren oder der Nasennebenhöhlen auftreten, weisen diese auf einen ungenügenden Druckausgleich hin. Es muss daher auf rechtzeitige Druckausgleichmanöver geachtet werden: Luft sollte – noch vor dem Auftreten von Schmerzen – wiederholt durch die Eustachische Röhre ins Mittelohr bzw. durch die Nase in den Maskenraum „eingeblasen" werden. Funktioniert der Druckausgleich nicht, ist der Tauchgang abzubrechen!*

5.3.1 Barotrauma

Mit diesem Begriff (griechisch: Baros = Druck, Trauma = Schaden) werden alle „Schädigungen" bezeichnet, die durch einen Druckunterschied (Unter- oder Überdruck) zwischen einem gasgefüllten Hohlraum des Körpers und der Umgebung entstehen.

- **Nasennebenhöhlen**

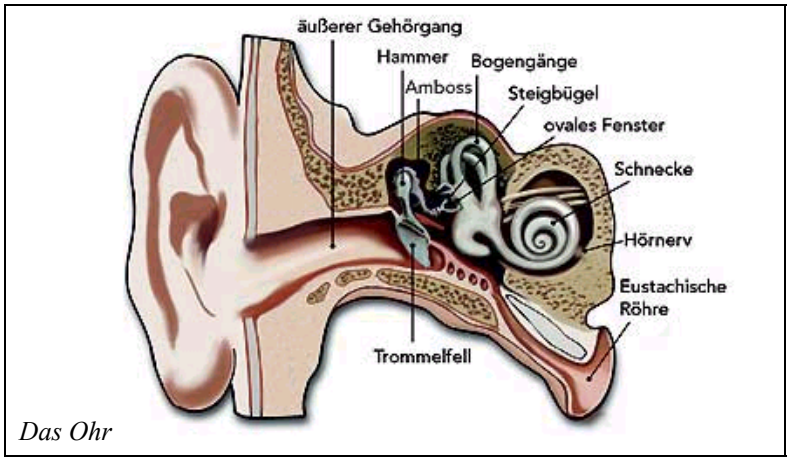
Dazu zählen die Stirnhöhlen, Kieferhöhlen, die Keilbeinhöhle und die Siebbeinzellen. Sie sind über kleine Öffnungen oder Knochenkanäle mit der Nasenhöhle verbunden, durch welche die Atemluft andauernd ein- und austreten kann. Die Nase, die Verbindungsgänge und die Nebenhöhlen sind mit Schleimhaut ausgekleidet, die auf Erkrankungen und Druckunterschiede mit einer Schwellung reagiert. Infolge einer einfachen Erkältung kann die Verbindung zu einer Nebenhöhle verlegt sein, so dass kein Druckausgleich möglich ist.

- **Ohren**

Beim Ohr werden drei Hauptteile unterschieden: Das äußere Ohr umfasst die Ohrmuschel und den äußeren Gehörgang. Das Trommelfell trennt das äußere Ohr vom Mittelohr. Dieses wird

von der sog. „Paukenhöhle“ gebildet, die über die „Ohrtrompete“ (= „Eustachische Röhre“) mit dem Nasen-/Rachenraum verbunden ist.

Im Mittelohr liegen die drei Gehörknöchelchen („Hammer“, „Amboss“, „Steigbügel“). Das erste, der „Hammer“, ist an seinem Stiel mit dem Trommelfell verwachsen. Schwingt das Trommelfell, muss der Hammer den Bewegungen folgen. Die Auslenkungen werden dann über den Amboss und den Steigbügel zum Innenohr fortgeleitet. Im Innenohr befindet sich das eigentliche Hörorgan (die „Schnecke“), in dem die Schwingungen wahrgenommen, in Nervenimpulse umgewandelt und zum Hirn weiter geleitet werden. Ebenfalls im Innenohr liegt das Gleichgewichtsorgan („Labyrinth“) mit seinen Bogengängen in unmittelbarer Nähe der Paukenhöhle.



Das Ohr

Anders als die Nasennebenhöhlen wird das Mittelohr über die Ohrtrompete nicht ständig belüftet, da deren rachenseitiges Ende normalerweise verschlossen ist und sich nur bei bestimmten Bewegungen öffnet. Schluck- oder Kaubewegungen, Gähnen, Schnäuzen oder bestimmte gesprochene Laute bewirken, dass Luft durch die Eustachische Röhre ins Mittelohr gelangt. Auch diese Verbindung und das Mittelohr selbst sind mit Schleimhaut ausgekleidet.

Taucht man ab und führt nicht rechtzeitig ein Druckausgleichmanöver durch oder ist dies aufgrund einer Schleimhautschwellung nicht möglich, laufen auch im Mittelohr die bereits beschriebenen Vorgänge ab. Der Unterschied zu den starrwandigen Nebenhöhlen ist jedoch der, dass mit dem elastischen Trommelfell ein weiterer Faktor dazu kommt:

Beim Abtauchen wölbt sich das Trommelfell durch den zunehmenden Wasserdruck nach innen. Aufgrund der guten Versorgung mit Nerven und der Dehnung werden starke Schmerzen ausgelöst. Gleichzeitig beginnt die Schleimhaut des Mittelohres anzuschwellen, evtl. auch Sekret auszutreten. Wird trotzdem weiter abgetaucht, kann entweder das Trommelfell reißen, oder die Einblutung des Mittelohres ohne Riss des Trommelfells einen Druckausgleich erzwingen. Auch Mischformen sind möglich.

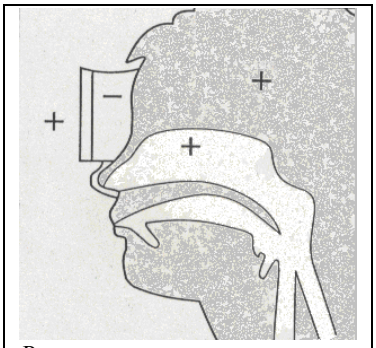
! ***Vorsicht:*** *Bei Trommelfellriss dringt relativ kaltes Wasser ins Mittelohr, was durch die räumliche Nähe zum Gleichgewichtsorgan zu dessen Irritation führt. Der Taucher wird schwindelig und kann die Orientierung verlieren. Nicht selten war eine solche Situation Ursache für einen tragischen Ausgang. Probleme nach Trommelfellverletzungen sind Infektionen des Mittelohres, evtl. auch bleibende Gehörschäden. Eine möglichst rasche ärztliche Behandlung kann weitere Komplikationen meistens vermeiden.*

Auch die Verwendung von eng anliegenden Kopfhauben des Tauchanzuges oder von „Ohrenstöpseln“ kann den Druckausgleich behindern und Trommelfellverletzungen verursachen. Sie dürfen daher beim Tauchen nicht verwendet werden. Mitunter hilft ein kleines Loch in der Kopfhaube auf Höhe der Gehörgänge, um dieser Gefahr zu begegnen.

Sofortmaßnahmen bei Barotraumen der Nasennebenhöhlen und des Ohres: Nach dem Tauchgang Anwendung von Schleimhaut abschwellenden Mitteln (Nasentropfen oder Nasensprays – keine „Ohrentropfen“!), damit die betroffenen Abschnitte wieder belüftet werden und ein Druckausgleich erreicht wird. Eine fachärztliche Kontrolle ist vor weiteren Tauchgängen erforderlich.

- **Augen**

Beim Abtauchen presst der steigende Umgebungsdruck die Maske immer fester ans Gesicht, bis der Maskenkörper schließlich nicht mehr nachgeben kann. Wird nicht durch die Nase in die Maske ausgeatmet, entsteht durch den relativen Unterdruck in der Maske eine Sogwirkung auf das umschlossene Gewebe. Die empfindliche Bindehaut des Auges reagiert mit einer Erweiterung der Gefäße und mit einer Einblutung. Die Verletzung ist an sich harmlos, allerdings sind die Veränderungen einige Tage sichtbar.



Barotrauma

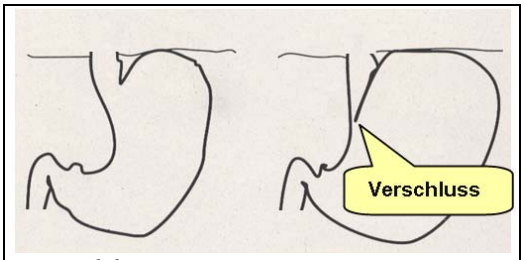
Das gleiche Problem liegt beim Abtauchen mit Schwimmbrillen, die keine Verbindung zur Nase und damit keine Möglichkeit eines Druckausgleichs haben, vor.

- **Zähne**

Sogar Zähne können beim Tauchen Schwierigkeiten machen. Schlecht sitzende Füllungen oder Kronen können durch Bildung von „Haarrissen" ein Einströmen von Druckluft in das Zahninnere ermöglichen. Oft sind die Schmerzen beim Abstieg noch erträglich und werden erst beim Aufstieg stärker, wenn die sich ausdehnende Luft nicht mehr entweichen kann und auf die Zahnnerven drückt. In Einzelfällen können sogar Lockerungen von Kronen oder Plomben oder aber Aussprengungen von Teilen des betroffenen Zahns verursacht werden. Eine regelmäßige zahnärztliche Kontrolle ist daher Tauchern unbedingt zu empfehlen.

- **Magen**

Hat ein Taucher beim Ausblasen der Maske Schwierigkeiten, kann es sein, dass er Luft schluckt, die sich dann beim Aufstieg ausdehnt und weder über die Speiseröhre nach außen, noch in tiefer gelegene Darmabschnitte entweichen kann. Besonders gefährlich sind die letzten 10 Meter zur Wasseroberfläche, weil sich hier das Gasvolumen verdoppelt. Spätestens während des flachen Sicherheitsstopps muss der Taucher die Luft wieder „auf natürlichem Weg" ausscheiden, sonst droht ein Magenriss. Wird das Druckgefühl zu stark, hilft nur ein neuerlicher Abstieg um einige Meter und anschließend ein noch langsamerer Aufstieg.



Magendehnung

- **Lunge**

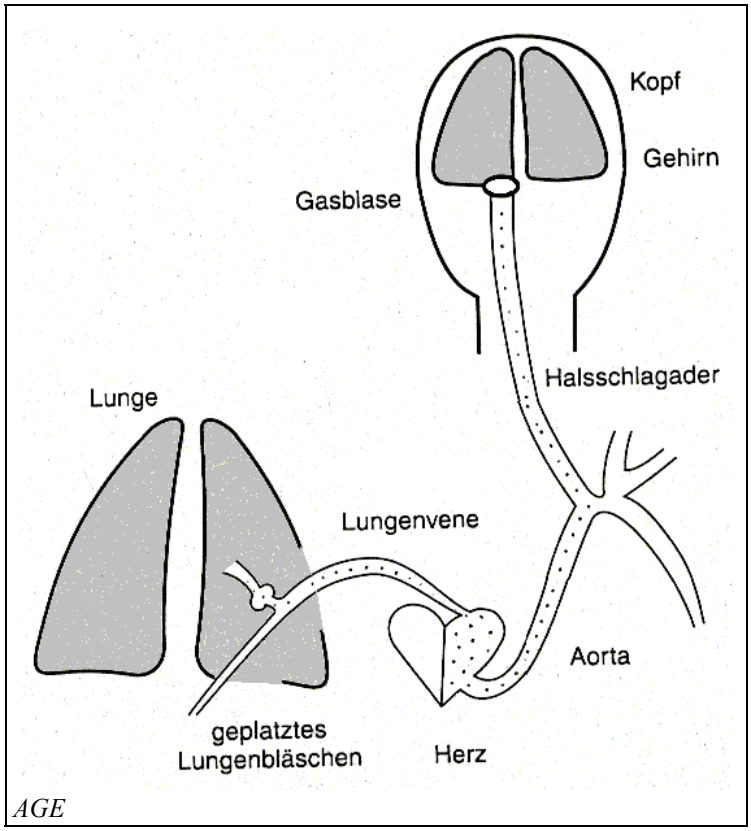
Der größte, luftgefüllte Hohlraum des menschlichen Körpers ist die Lunge. Sie ist das Organ, das für die Atmung und die Aufnahme und/oder Ausscheidung von O_2, CO_2 und Inertgasen zuständig ist und dadurch für das Tauchen von zentraler Bedeutung.

Beim Freitauchen wird die eingeatmete Luft während des Abstieges im Brustkorb komprimiert, bis dieser die maximale „Ausatemstellung" erreicht. Das Zwerchfell wölbt sich in den Brustkorb vor und verkleinert dadurch das Lungenvolumen. Wird weiter abgetaucht und schließlich der Punkt überschritten, an dem das Lungengewebe maximal komprimiert ist, entsteht in den starrwandigen Atemwegen (Bronchien und Luftröhre) ein Unterdruck, der zu einem Übertritt von Plasma in die Lungenbläschen (sog. „Lungenödem") führt. Wie bei den Nebenhöhlen, wird dadurch der Druckausgleich erzwungen.

Durch Verkleinerung der Gasaustauschfläche kann an der Wasseroberfläche eine Atembehinderung entstehen. Ein durch die Atemnot bedingter Sauerstoffmangel kann zu einem ernsten Prob-

lem werden. Der Aufstieg selbst ist keine Gefahr, da sich die Lunge beim Freitauchen maximal bis zu ihrem Ausgangsvolumen ausdehnen kann – es wurde ja unter Wasser nicht eingeatmet.

Anders verhält es sich beim Gerätetauchen.



AGE

Hier wird durch den Lungenautomaten Luft unter Umgebungsdruck geatmet. Wird die Luft beim Aufstieg ungenügend ausgeatmet, dehnt sie sich aus und kann eine Überdehnung bzw. einen Riss der Lungenbläschen verursachen. Luft kann aus den Lungenbläschen in die eröffneten Gefäße, welche die Alveolen netzartig umgeben, eindringen. Mit dem Blutstrom werden Gasbläschen ins Herz und in weiterer Folge in die großen Arterien geschwemmt, bis sie ein Gefäß verschließen (sog. „arterielle Gasembolie“ AGE). Meist ist davon eine Hirnarterie betroffen. Neurologische Ausfälle, wie z.B. Extremitätenschwäche, (Halbseiten-) Lähmung, Sprach-, Seh- und Gleichgewichtsstörungen sind die zu erwartenden Folgen. In schweren Fällen sind Bewusstseinsverlust oder Kreislaufstillstand möglich.

Ein „Pneumothorax“ (das Zusammenfallen eines Lungenflügels durch Einströmen von Luft zwischen das Rippen- und Lungenfell) tritt nur dann auf, wenn Alveolen an der Lungenoberfläche reißen. Es ist ein lebensbedrohliches, aber sehr seltenes Ereignis beim Tauchunfall.

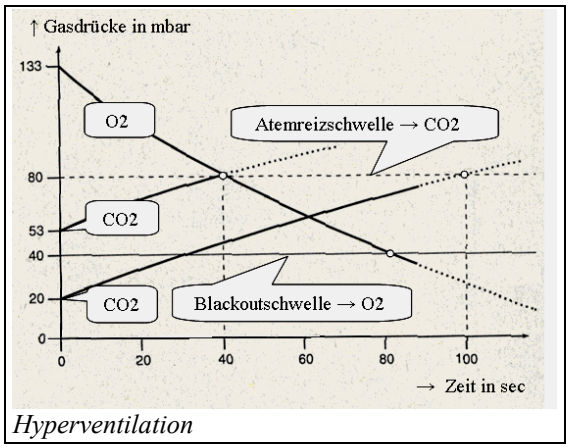
Die Gründe für einen Aufstieg mit ungenügender Ausatmung sind vielfältig. Oft ist ein **Panikverhalten** schuld, das auf leichtsinnige Handlungen, Fehleinschätzungen oder unzureichende Ausbildung zurückzuführen ist. Es kann aber auch bei völlig gesund erscheinenden Tauchern die Abatmung des Druckgases z.B. durch eine **unbemerkt auftretende, vermehrte Schleimbildung in den Bronchien** verzögert sein, die der Betreffende gar nicht bemerkt. Wird zu rasch und direkt zur Wasseroberfläche aufgestiegen, unterliegt der Taucher dann ebenfalls dem Risiko einer Lungenüberdehnung mit all ihren Folgen.

! ***Achtung:*** *Für eine Lungenüberdehnung genügt ein Aufstieg nach Atmung von komprimierten Gasen in weniger als 2 m Wassertiefe! Ein schneller Aufstieg kann den Taucher (trotz aktiver Ausatmung) gefährden, wenn die Luft aufgrund von Hindernissen in den Atemwegen nicht problemlos abströmen kann. Der* ***5 m-Stopp mit langsamem Aufstieg zur Oberfläche*** *unterstützt auch den Druckausgleich in der Lunge, wenn das Atemgas länger braucht, um bei der Ausatmung ein Hindernis in den Bronchien zu überwinden*.

! **Hinweis:** Die wichtigsten Maßnahmen zur Vermeidung einer Lungenüberdehnung sind: Ein langsamer Aufstieg mit gleichmäßiger Atmung, das Einhalten der Sicherheitsstopps und die Vermeidung von Panik durch eine solide Tauchausbildung.

5.3.2 Hyperventilation

Beim Freitauchen sinkt der Sauerstoffdruck im Blut aufgrund von Stoffwechselvorgängen, während der CO_2 –Druck steigt. Der Atemreiz wird in erster Linie durch den CO_2 –Druck gesteuert. Atmet man vor dem Freitauchen minutenlang verstärkt ein- und aus (sog. „Hyperventilation"), wird der CO_2-Spiegel im Blut gesenkt und damit der Atemreiz verzögert. Durch diese Maßnahme kann jedoch nicht mehr Sauerstoff aufgenommen werden, da die roten Blutkörperchen unter Normalbedingungen bereits zu ca. 98 % gesättigt sind. Die restlichen 2 % sind praktisch nicht verwertbar.



Hyperventilation

Sinkt nun vor Einsetzen des Atemreizes der Sauerstoffdruck soweit ab, dass das Gehirn nicht mehr ausreichend versorgt wird, wird der Taucher ohne Vorwarnung bewusstlos und kann ertrinken („Schwimmbadblackout").

Sofortmaßnahmen: Retten aus dem Wasser, Alarmierung des Rettungsdienstes, Herz-Lungen-Wiederbelebung (HLW) nach Erfordernis, oft (durch CO_2-Anstieg) rasch einsetzende Spontanatmung, frühzeitige O_2-Gabe über dicht sitzende Maske, Kontrolle der Lebensfunktionen.

5.4 Dekompressionsunfall

Unter dem Begriff „Dekompressionsunfall" (engl. „**D**ecompression **I**ncident, **D**ecompression **I**llness, DCI") werden alle Erscheinungsbilder zusammen gefasst, die durch eine Lungenüberdehnung mit anschließender arterieller Gasembolie (engl. „**A**rterial **G**as **E**mbolism, AGE") oder durch eine Blasenbildung in den Geweben aufgrund einer unzureichenden Dekompression (= „Dekompressionskrankheit", engl. „**Dec**ompression **S**ickness, DCS") entstehen.

Die „klassischen" Ursachen dafür, wie z.B. ein zu rascher Aufstieg durch Atemgasmangel oder Panik mit ungenügender Ausatmung oder dass ein Taucher vorgegebene Aufstiegspausen nicht einhält und den Inertgasen in den Geweben nicht die Gelegenheit gibt, abgeatmet zu werden, bevor schädigende Bläschen entstehen, sind in der Praxis nur bei einem Teil der Verunfallten zu finden. In mehr als 50 % der Fälle wurden die Vorgaben der Tabellen bzw. Tauchcomputer eingehalten **und trotzdem sind Symptome eines Dekompressionsunfalls aufgetreten.**

Viele Faktoren, die nicht durch Tabellen oder Computer erfasst werden, spielen in der Praxis eine wichtige Rolle und können eine DCI begünstigen: Häufige Wiederholungstauchgänge mit kurzen Oberflächenpausen (Anhäufung von Reststickstoff), Flüssigkeitsdefizit (ungenügende Flüssigkeitszufuhr, Sonnenbäder, Alkoholkonsum), Erkrankungen (besonders wenn dadurch vermehrt Flüssigkeit verloren wird, wie, z.B. Erbrechen, Durchfälle), Medikamentenkonsum (z.B. harntreibende Substanzen), Schlafmangel, schlechte körperliche Verfassung usw.

! ***Achtung:*** *Wichtig ist es zu wissen und zu akzeptieren, dass Symptome eines Dekompressionsunfalls trotz Einhalten aller Sicherheitsvorgaben auftreten können und als solche erkannt werden müssen.*

Erst wenn die Zeichen richtig gedeutet werden, können korrekte Erste Hilfe Maßnahmen eingeleitet werden. Werden Symptome ignoriert oder falsch interpretiert, dann werden auch die erforderlichen Maßnahmen, die bei einem Tauchunfall rasch zu ergreifen sind, verzögert. Die Symptome sind meist vor Ort nicht in DCS und AGE zu unterscheiden. Jeder Versuch einer Differenzierung wäre auch nur eine Zeitverschwendung, da die Erste Hilfe in beiden Fällen identisch ist. Wir unterscheiden heute daher nur mehr „milde" von „schweren" Symptomen.

5.4.1 Verdacht auf Tauchunfall

Ein Verdacht liegt bei folgenden Voraussetzungen nahe:

- Wenn zuvor aus einem Tauchgerät unter Wasser geatmet wurde (evtl. nur ein Atemzug)
- Wenn zuvor aus einer Luftansammlung unter Wasser geatmet wurde (z.B. Wrack)
- Wenn zuvor (extreme) Apnoe-Tauchgänge (Freitauchen) durchgeführt wurden **UND** wenn eines oder mehrere der folgenden Symptome vorliegt:

Milde DCI-Symptome

Starke Müdigkeit

Hautjucken („Taucherflöhe)

Schwere DCI-Symptome

Hauterscheinungen („Marmorierung“)	Atembeschwerden
Hautgefühlsstörungen	Seh-, Hör-, Sprachstörungen
Kribbelgefühl („Ameisenlaufen“)	Schwindel
körperliche Schwäche	Übelkeit
Lähmungen	eingeschränktes Bewusstsein
Schmerzen (jeder Art)	Bewusstlosigkeit

5.4.2 Sofortmaßnahmen bei Tauchunfall

Hilfeleistung im Wasser

Ruhe bewahren

Betroffenen durch Körperkontakt beruhigen

Atemgasversorgung für beide Taucher sicherstellen

Langsam zur Wasseroberfläche aufsteigen

Auftrieb und Atemluftversorgung sicherstellen, da sonst die Gefahr des Wassereintritts in die Atemwege und des Beinahe-Ertrinkens besteht

Rettung des Tauchers aus dem Wasser

Sofortmaßnahmen bei milden DCI-Symptomen

Flachlagerung

Normobare Sauerstoffgabe (mit Umgebungsdruck 1 bar): bei Konstantdosierung kontinuierlich über Maske mindestens 15 Liter pro min (oder Demand-System = Atemregler)

Flüssigkeitsersatz: 1 Liter Wasser schluckweise in der ersten Stunde (nur bei bewusstseinsklaren Tauchern, keine alkohol- oder koffeinhaltigen Getränke)

Bei Unterkühlung weiteren Wärmeverlust verhindern (z.B. mit Rettungsdecke)

Dokumentation: Tauchgangsdaten, Symptomverlauf und bisher getroffene Maßnahmen

Keine sog. „nasse Rekompression“ (neuerliches, „therapeutisches“ Abtauchen)

Falls Symptome nach 30 min Sauerstoffatmung vollständig abgeklungen sind:

24 Stunden stationäre Beobachtung

Falls Symptome nach 30 min Sauerstoffatmung anhalten:

Vorgehen wie bei schweren Symptomen

Sofortmaßnahmen bei schweren DCI-Symptomen

Flachlagerung (bei Bewusstlosigkeit stabile Seitenlagerung, sonst Rückenlagerung)

Falls erforderlich: Herz-Lungen-Wiederbelebung (HLW)

Normobare Sauerstoffgabe kontinuierlich über Maske mindestens 15 Liter pro min bei Konstantdosierung oder Demand-System

Rettungsdienst verständigen: 144, (122), Kennwort „Tauchunfall" – Fragen beantworten.

Schnellstmögliche Kontaktaufnahme mit Taucherarzt, um Vorgehen zu koordinieren. Telefonnummern von Tauchärzten sind im Anhang.

Dokumentation: Tauchgangsdaten, Symptomverlauf und bisherige Maßnahmen

Keine „nasse Rekompression" (neuerliches, „therapeutisches" Abtauchen)

Gerätesicherstellung: Alle Geräte, die zur Rekonstruktion des Unfall-Tauchgangs beitragen können (zum Beispiel Dekompressions-Computer, Tiefenmesser), sollten dem Taucher mitgegeben werden.

Rascher, ärztlich begleiteter Transport zur nächsten Notfalleinrichtung und rascher Weitertransport zu einer Therapiedruckkammer.

Wenn die Transportstrecke kurz ist: Bodengebundener Transport des verunfallten Tauchers, ansonsten mit Helikopter oder mit Flugzeug

! ***Achtung:*** *Zustand der/des Tauchpartner(s) beachten. Im Zweifelsfall immer Sauerstoffgabe und Verständigung des Rettungsdienstes!*

! **Hinweis**: Die rasche Verabreichung von reinem Sauerstoff kann dazu führen, dass sich die Symptome vollständig zurückbilden. Eine ärztliche Untersuchung, Beobachtung und evtl. weitere Behandlung ist trotzdem immer erforderlich! **Je rascher die Sauerstoffgabe einsetzt, desto größer ist die Wahrscheinlichkeit, dass ein Dekompressionsunfall ohne Langzeitfolgen bleibt.**

5.5 Beinahe-Ertrinken

Von „Beinahe-Ertrinken" spricht man, wenn ein Ertrinkungsvorgang mit Sauerstoffmangel (auch kurzfristig) überlebt wird. Weltweit ertrinken nach Schätzungen der Weltgesundheitsorganisation jährlich mehr als 500.000 Menschen. Beim Tauchen mit und ohne Gerät besteht ein relativ hohes Risiko für ein Beinahe-Ertrinken. Bei etwa 75 % aller tödlichen Unfälle beim Gerätetauchen scheint als Todesursache „Ertrinken" auf.

5.5.1 Ablauf des Ertrinkens

Der Ertrinkungsvorgang selbst läuft nach einem Schema ab: Zunächst kommt es zu einer maximalen Einatmung, entweder durch den Schreck bei plötzlichem Eintauchen ins Wasser oder im Kampf gegen das „Untergehen", wenn zum Beispiel ein Taucher in Panik hektisch an der Wasseroberfläche gegen sein Absinken ankämpft. Meist kommt es zum Eintritt von relativ wenig Flüssigkeit in die Atemwege. Erheblich mehr wird geschluckt; im Magen können ohne weiters zwei Liter Wasser aufgenommen werden. Die Lungen sind meistens nicht mit Wasser, sondern mit Gas prall gefüllt, was im Bereich der Lungenbläschen zu einer massiven Überblähung führt.

5.5.2 Ertrinken – Beinahe-Ertrinken

Eine solche Unterscheidung hat für den Ersthelfer keinerlei Bedeutung, weil sich die Situation für ihn unklar darstellt. Viele Beinahe-Ertrunkene sind tief bewusstlos.

5.5.3 Beinahe-Ertrinken im Süß- und Salzwasser

Die Art des Wassers hat auf die Erste Hilfe bei Beinahe-Ertrinken keinen Einfluss, weil in der Regel nur wenig Wasser in die tiefen Atemwege gerät. Die meisten Opfer, die überleben, hatten nicht mehr als 300 ml Wasser in ihren Lungen.

5.5.4 Hauptproblem: Sauerstoffmangel

Nach einem Beinahe-Ertrinken ist die Hauptursache für alle folgenden Organausfälle der Sauerstoffmangel. Eine plötzliche Verschlechterung anfänglich stabiler Verunfallter ist jederzeit möglich. Beinahe-Ertrinken ist häufig ein intensivmedizinisches Problem, weil die Atmungsfunktion der Lungen sowohl sofort als auch wenige Tage später erheblich beeinträchtigt werden kann. Nach einigen Tagen kann sich eine massive Lungenentzündung entwickeln, die eine hohe Sterblichkeitsrate aufweist.

5.5.5 Sofortmaßnahmen bei Beinahe-Ertrinken

Es versteht sich von selbst, dass die Chancen für eine erfolgreiche Behandlung eines Beinahe-Ertrunkenen umso größer sind, je eher der Ertrinkungsvorgang durch Rettung des Betroffenen aus dem Wasser unterbrochen wird.

Der Helfer muss in jedem Fall sofort die genannten „Lebensrettenden Sofortmaßnahmen“ durchführen. Da durch eine begleitende Unterkühlung ein gewisser Schutz vor dem Sauerstoffmangel möglich ist, kann auch keine Zeit genannt werden, nach welcher eine Wiederbelebung sicher nicht mehr möglich ist. Selbstverständlich gilt dies nur für akute Situationen und nicht für Bergungen von Opfern nach vielen Stunden oder gar Tagen.

5.6 Inertgasnarkose („Tiefenrausch“)

Wir wissen heute, dass der zunehmende Partialdruck der Inertgase im Atemgas einen narkoseähnlichen Zustand verursacht. Da die Auswirkungen denen eines durch Alkohol bedingten Rausches gleichen können, wurde der Zustand auch als „Tiefenrausch“ bezeichnet. Diese Erscheinungen treten druckabhängig auf und sind bei Einsatz von Pressluft in der Regel ab einer Tauchtiefe von 30 m zu erwarten. Ab 40 m sind sie praktisch bei jedem Taucher nachweisbar. Deshalb wird die Tauchtiefe für Sporttaucher allgemein auf 40 m begrenzt.

Begünstigende Faktoren für eine Inertgasnarkose sind: Stress, Angst, Unerfahrenheit, Erschöpfung, Kälte, Dunkelheit, schlechte Sicht, Schlafmangel, (Rest-)Alkohol, Medikamente, Drogen und CO_2-Erhöhung durch erhöhten Atemwiderstand des Atemreglers oder oberflächliche Atmung.

Objektive Symptome einer Inertgasnarkose (in der Druckkammer): Eingeschränkte Urteilsfähigkeit, abnehmendes Interesse für Sicherheit bzw. für die gestellte Aufgabe, stumpfsinnige Handlungen, Verwirrtheit, unpassendes Lachen.

Subjektive Symptome einer Inertgasnarkose: Euphorie, metallischer Geschmack, Gesichtsfeldeinschränkungen („Tunnelblick“), Konzentrationsprobleme, Taubheitsgefühl (Lippen, Zahnfleisch, Beine).

Prophylaxe und Sofortmaßnahmen bei Inertgasnarkose: Beobachtung des Partners, rechtzeitiges Aufsteigen, bei Symptomen kontrollierter Aufstieg bis zum Verschwinden der Symptome, dann regulär austauchen. An der Oberfläche sind bis auf eine evtl. Erinnerungslücke keine Anzeichen mehr nachweisbar, deshalb besteht kein weiterer Handlungsbedarf. Von weiteren Tauchgängen an diesem Tag ist abzuraten.

5.7 Sauerstoffvergiftung

Unter atmosphärischen Bedingungen erfolgt der Sauerstofftransport im Blut hauptsächlich chemisch an die roten Blutkörperchen gebunden und nur zu einem geringen Teil physikalisch im Plasma gelöst. Wird mit Atemgeräten getaucht, ist der chemisch gebundene O_2-Anteil praktisch nicht mehr zu erhöhen, es nimmt nur der physikalisch gelöste Sauerstoff zu.

Entsprechend der Tauchtiefe nimmt der O_2-Partialdruck (pO_2) zu, bis er bei einem Grenzwert von 1,6 bar für den Menschen giftig zu werden beginnt. Bei Verwendung von Pressluft wird dieser Teildruck in ca. 66 m Tiefe erreicht und stellt deshalb kaum eine Gefahr für Sporttaucher dar.

Wird jedoch der Sauerstoffanteil im Atemgasgemisch über 21 % erhöht, wie es beim Tauchen mit „Nitrox“ (mit Sauerstoff angereicherte Luft) der Fall ist, wird die Grenze der Giftigkeit in Abhängigkeit vom Sauerstoffanteil (Prozentwert des Volumens) wesentlich früher erreicht. Bei einem Gemisch aus 50 % Sauerstoff und 50 % Stickstoff beträgt der pO_2 bereits in 22 m Tiefe 1,6 bar *(3,2 bar × 50/100 = 1,6 bar*).

Obwohl beim Atmen solcher Gasgemische pro Zeiteinheit weniger Stickstoff aufgenommen wird als beim Atmen von Pressluft (und sich daher die Dekozeiten verkürzen), ist der Nachteil die Gefahr einer Sauerstoffvergiftung. Es müssen somit beide Gase bei der Planung und bei der Durchführung von Tauchgängen berücksichtigt werden. Der Grenzwert von 1,6 bar ist jedoch nicht als absolut zu betrachten, da verschiedene Einflüsse bereits bei geringeren Drucken zu Symptomen einer Sauerstoffvergiftung beitragen können. Die meisten Ausbildungsorganisationen erachten daher einen Grenzwert von 1,4 bis 1,5 bar pO_2 als angemessen.

5.7.1 Symptome der Sauerstoffvergiftung

- **Kurze Einwirkungen bei hohem Druck (≥ 1,5 bar)** betreffen hauptsächlich das „Zentrale Nervensystem“ (ZNS = Hirn und Rückenmark).

  Symptome: Krampfanfälle mit Bewusstseinsverlust, Euphorie, Übelkeit, Zuckungen und Krämpfe einzelner Muskeln, gesteigertes Angstgefühl, Benommenheit, Schwindel, unvernünftiges Verhalten, eingeschränktes Gesichtsfeld („Tunnelblick“), Ohrgeräusche.

- **Längere Einwirkzeiten bei niedrigeren Drucken (≤ 0,5 bar)** betreffen hauptsächlich Atemwege und Lunge. Letztere sind zwar für Sporttaucher nicht bedeutsam, können jedoch beim „Technical Diving“ eine Rolle spielen.

  Symptome: Hustenreiz, brennende, atemabhängige Schmerzen hinter dem Brustbein, später Luftnot – auch in Ruhe.

5.7.2 Prophylaxe und Sofortmaßnahmen bei Sauerstoffvergiftung

Kontrolle der eigenen Tauchtiefe und Tauchzeit sowie des Partners, rechtzeitiger Aufstieg – bei Symptomen kontrollierter Aufstieg bis die Symptome verschwinden, dann reguläres Austauchen.

Krampfanfälle unter Wasser mit Bewusstseinsverlust sind die schwerste Form und führen meist zum Verlust des Mundstückes und in weiterer Folge zum Ertrinken. Nach der Rettung an ein Ufer bzw. in ein Boot sind die „lebensrettenden Sofortmaßnahmen“ einzuleiten. Die weitere Versorgung entspricht der eines „Dekompressionsunfalls“.

! ***Achtung:*** *Eine fundierte Ausbildung und die korrekte Anwendung künstlicher Atemgasgemische sind zur Vermeidung von Unfällen unerlässlich.*

5.8 Kohlenmonoxidvergiftung

Bei unsachgemäßem Füllen von Pressluftflaschen mit Kompressoren, die durch Verbrennungsmotoren betrieben werden, kann es vorkommen, dass Kohlenmonoxid (CO) mit der angesaugten Luft in die Tauchgeräte gelangt und in weiterer Folge zu Vergiftungserscheinungen führt. Meist sind mehrere Taucher betroffen, da Flaschen kaum einzeln gefüllt werden.

CO ist ein farb- und geruchloses und bei Einatmung nicht reizendes Gas. Es entsteht bei unvollständiger Verbrennung kohlenstoffhaltigen Materials. Kohlenmonoxid ist für den menschlichen Körper giftig, weil es mit dem roten Blutfarbstoff (Hämoglobin, Hb) eine starke Bindung eingeht. Das Bindungsbestreben von Hämoglobin für CO ist ca. 210 mal größer als für O_2, sodass bereits relativ kleine CO-Konzentrationen in der Atemluft O_2 aus seiner Bindung an Hämoglobin verdrängen, es resultiert ein Sauerstoffmangel. Die Menge des gebildeten COHb hängt von der Konzentration des CO im Atemgas, der Dauer der CO-Exposition und der Stärke der Atmung ab.

5.8.1 Symptome der Kohlenmonoxid-Vergiftung

Bei einem Blutgehalt von 10 bis 15 % COHb (auch bei starkem Rauchen erreichbar) treten noch keine Vergiftungserscheinungen auf, wenn die O_2-Versorgung der Gewebe nicht schon vorher beeinträchtigt war.

Bei 15 bis 25 % COHb und darüber: Kirschrote Färbung (vorwiegend an Schleimhäuten und Nagelbetten sichtbar), Blutdruckabfall, rascher Puls, Ohrensausen, Kopfschmerzen, Schwindel, Übelkeit, erweiterte Pupillen, Benommenheit, Bewusstseinstrübung, Bewusstlosigkeit, Krämpfe, Atemlähmung, Tod (bei 65 bis 80 % COHb).

5.8.2 Prophylaxe und Sofortmaßnahmen bei Kohlenmonoxid -Vergiftung

Beendigung der CO-Exposition (Aufstieg mit Sicherheitsstopps), Frischluftzufuhr, so rasch wie möglich Sauerstoffgabe, ggf. Beatmung mit reinem O_2 (ideal: in einer Druckkammer), da Sauerstoff unter erhöhtem Partialdruck verabreicht, im Blut vermehrt physikalisch gelöst wird und das CO aus seiner Bindung an Hb schneller verdrängt.

5.9 Kohlendioxidvergiftung

Kohlendioxid (CO_2) ist aufgrund der weltweit erzeugten Abgase bereits auf fast 0,04 Vol. % der Luft angewachsen. Es ist ein nicht brennbares, farb- und geruchloses Gas und entsteht als Endprodukt während der Stoffwechselvorgänge im Organismus. CO_2 wird von den Körperzellen in das Blut abgegeben und zu den Lungen transportiert, um von dort abgeatmet zu werden.

Die Menge des CO_2, das im Körper entsteht und ausgeatmet wird, ist beim Gesunden fast ausschließlich von der Art der körperlichen Betätigung abhängig. Je mehr Arbeit geleistet wird, desto mehr Nahrungsbestandteile werden verbrannt. Ein erhöhter Sauerstoffbedarf und eine größere Menge entstehenden Kohlendioxids sind die Folgen. Komplizierte Regelungsvorgänge ermöglichen es, dass der CO_2-Blutspiegel möglichst konstant gehalten wird.

Steigt der CO_2-Gehalt in der Einatemluft, erhöht sich auch der CO_2-Partialdruck im Blut, was zu einer Vertiefung und Beschleunigung der Atmung führt. Bis zu einem CO_2-Partialdruck von 50 mbar im Blut (normal: 30 mbar) wird das Atemzentrum zunehmend angeregt, bei höheren Werten überwiegt die giftige CO_2-Wirkung.

5.9.1 Ursachen einer CO_2-Erhöhung beim Tauchen

Beim Tauchen mit Pressluftgeräten steigt der CO_2-Gehalt des Blutes allein durch die Erhöhung des Gesamtdruckes. Ist im Tauchgerät aber einwandfrei gereinigte Pressluft enthalten, ist eine

CO_2-Vergiftung nicht zu befürchten. Der CO_2-Gehalt steigt weiters durch sog. „Pendelatmung“ wegen ungenügender Lufterneuerung bei Verwendung eines Schnorchels mit zu großem Innenraum, oder durch ungenügende Luftdurchspülung des Helms beim schweren Schlauchtauchergerät. Er steigt auch durch unzulängliche CO_2-Bindung beim Tauchen mit Sauerstoffkreislaufgeräten (alter oder nasser Atemkalk, unzureichende Füllung des Absorbers usw.).

5.9.2 Symptome der Kohlendioxid -Vergiftung

Bei 1,5 Vol.% CO_2: Beschleunigte, vertiefte Atmung, Empfinden von "Lufthunger". Ab 4 bis 5 Vol.% CO_2: Blutdruckanstieg, später Blutdruckabfall, Puls rasch, evtl. unregelmäßig, starke Kopfschmerzen, Blauverfärbung (sichtbar an Schleimhäuten und Nagelbetten), Schwindelgefühl, Übelkeit, Erbrechen, Benommenheit, Verwirrtheit, Bewusstlosigkeit, Tod durch Lähmung des Atemzentrums.

5.9.3 Prophylaxe und Sofortmaßnahmen bei Kohlendioxid -Vergiftung

Vermeidung: Füllung der Pressluftgeräte mit einwandfreier, gereinigter Luft, Verwenden genormter Schnorchel, genaue Überprüfung des Atemkalkes und Absorbers bei Sauerstoffkreislaufgeräten, Gewährleistung ausreichender Luftzufuhr bei schweren Schlauchgeräten.

Erste Hilfe bei CO_2-Vergiftung: Beendigung der CO_2-Exposition, Sauerstoffabgabe, ggf. Beatmung mit O_2, Überwachung der Lebensfunktionen.

! **Hinweis:** Bei der CO-Vergiftung wird vor allem eine hohe O_2-Konzentration in der Atemluft angestrebt, bei der CO_2-Vergiftung ist ein hohes Atemminutenvolumen vorrangig!

5.10 Wärme- und Kälteexposition

Die Körpertemperatur des Menschen wird durch Anpassung der Wärmebildung und –abgabe zwischen 36,4 °C und 37,4 °C konstant gehalten. Versagen die Regelmechanismen, resultieren daraus entweder ein Wärmestau und in weiterer Folge ein Hitzschlag oder eine Unterkühlung.

5.10.1 Hitzschlag

Sind die Gegenregulationen (Schweißbildung, Erweiterung der Blutgefäße im Unterhautfettgewebe, Wärmeabgabe durch Wärmeleitung und Wärmestrahlung) nicht dazu in der Lage, einem Anstieg der Körpertemperatur entgegen zu wirken, droht ein Wärmestau, der zum Hitzschlag führt. Zur Vorbeugung dienen ausreichende Flüssigkeitszufuhr, Vermeidung von längerer Sonnenexposition – speziell mit angelegtem Tauchanzug – und wiederholte Kühlung (z.B. durch Duschen).

Symptome: Rote, trockene Haut, rascher Puls, Kopfschmerzen, Schwindel, Übelkeit und Erbrechen, evtl. Krämpfe, Bewusstlosigkeit.

Sofortmaßnahmen bei Hitzschlag: Wärmeexposition beenden (Betroffenen in den Schatten bringen, Kleidungsstücke öffnen oder ablegen, Kühlung mit kalten Kompressen, bei Bewusstlosigkeit stabile Seitenlage, Kontrolle von Atmung und Kreislauf, Alarmierung des Rettungsdienstes.

5.10.2 Unterkühlung

Zum Unterschied von Erfrierungen, bei denen einzelne, periphere Körperteile (z.B. Zehen, Finger, Nase) gefährdet sind, betrifft eine Unterkühlung den gesamten Körper und kann lebensbedrohlich sein. Sinkt die Körpertemperatur unter die Norm, setzen Gegenregulationen ein, die darauf abzielen, die Temperatur des „Körperkerns“ (Organe in der Schädel-, Brust- und Bauchhöhle) über einen längeren Zeitraum möglichst hoch zu halten. Die „Körperschale“ (Muskulatur des Rumpfes und Extremitäten) wird dadurch vermindert durchblutet.

Symptome: Kältezittern ist das erste Zeichen, das von einer raschen Atmung und Erhöhung der Pulsfrequenz begleitet wird. Durch Muskelaktivität wird Wärme hauptsächlich in der Körperschale erzeugt, die jedoch nur zum Teil der Temperaturerhaltung des Kerns dient, da der Großteil der dadurch erzeugten Wärme an die Umgebung abgegeben wird. Die Zuckerreserven des Körpers werden beim Zittern rasch aufgebraucht. Wird die Kälteexposition nicht unterbrochen, nehmen Muskeltätigkeit, Atem- und Pulsfrequenz ab, es folgen Muskelstarre Schläfrigkeit und Bewusstseinseintrübung. Bei weiterer Kälteeinwirkung sind tiefe Bewusstlosigkeit, Atempausen und Herzrhythmusstörungen zu erwarten. Die letzte Phase ist von Atem- und Kreislaufstillstand gekennzeichnet, die zum Tod führen.

Da die Auskühlung im Wasser etwa 4 × rascher erfolgt, als in Luft gleicher Temperatur, ist darauf zu achten, dass das Wasser spätestens beim Auftreten von Kältezittern verlassen wird. Tauchgänge im kalten Wasser müssen entsprechend geplant werden.

Sofortmaßnahmen bei leichter Form der Unterkühlung (Kältezittern, Betroffener ansprechbar): Beendigung der Kälteexposition, Wärmezufuhr durch warme, gezuckerte Getränke – kein Alkohol! Warme, trockene Bekleidung

Sofortmaßnahmen bei schwerer Form der Unterkühlung (Opfer nicht erweckbar bzw. bewusstlos): Unnötige Bewegungen (z. B. Umlagern) und weitere Auskühlung vermeiden (Decken, Rettungsdecke, Plastikfolie), Überwachung von Atmung und Kreislauf, Sauerstoffgabe, Alarmierung des Rettungsdienstes.

5.11 Schock

Ein Schock ist ein lebensbedrohlicher Zustand, in dem die Organe nicht mehr ausreichend durchblutet und dadurch ungenügend mit Sauerstoff versorgt werden. Durch eine Umverteilung des Blutes versucht der Körper die lebensnotwendigen Organe vorrangig zu versorgen. Ursache für einen Schock können u. a. sein: Starker Blut- oder Flüssigkeitsverlust, Herzversagen, **allergische Reaktionen, Gifteinwirkungen, zu niedriger Blutzuckergehalt.**

Symptome eines Schocks: Schwacher, stark beschleunigter Puls, blasse Haut, kalter Schweiß, Blutdruckabfall, Bewusstseinseintrübung.

Sofortmaßnahmen bei Schock: Abhängig von der Ursache muss der Betroffene richtig gelagert werden (z.B. bei Herz- oder Atemproblemen Oberkörper erhöht, bei Blutverlust flach), Blutstillung, Sauerstoffgabe, vor Auskühlung schützen, beruhigender Zuspruch, Alarmierung des Rettungsdienstes.

5.12 Unfallmanagement am Tauchplatz

Es ist wichtig, dass alle am Tauchbetrieb Beteiligten wissen, was in einem Notfall zu tun ist. Wo befindet sich der Notfall-/ Sauerstoffkoffer? Wo ist das nächste Telefon bzw. die nächste Kommunikationseinrichtung (z. B. Funkgerät)? Die Notrufnummer der Rettungsdienste in Österreich ist 144. Nach Bekanntgabe der Unfall- bzw. Verletzungsart wird von der Leitstelle das geeignete Rettungsmittel zum Unfallort entsandt. Für Tauchgruppen empfiehlt sich das rechtzeitige Festlegen eines Notfallplans und Wiederholen der Sicherheitsmaßnahmen vor Beginn der Freiwassertauchgänge. Ein erweitertes Management (Bereitstellung von Sanitäter und/oder Arzt) ist bei großen Tauchveranstaltungen angezeigt.

5.13 Lebensrettende Sofortmaßnahmen

Die erste Maßnahme ist das Überprüfen, ob Verletzte und Helfer sich in einer eventuellen Gefahrenzone befinden, die zuerst abgesichert werden muss.

5.13.1 Kontrolle der Ansprechbarkeit (des Bewusstseins)

Durch Ansprechen, Berühren oder sanftes Rütteln an der Schulter wird die Reaktion des verletzten Tauchers und somit sein Bewusstsein überprüft. Reagiert er passend, lässt man ihn – sofern keine weitere Gefahr besteht – vorerst in der Lage, in der er vorgefunden wurde, und versucht herauszufinden, was ihm fehlt. Falls erforderlich, ist weitere Hilfe zu holen. Reagiert der Taucher nicht oder unzureichend, ist sofort der Rettungsdienst zu alarmieren. Danach sind unverzüglich die Atemwege frei zu legen.

5.13.2 Freilegen der Atemwege

Dazu wird der Hals des Verletzten in Rückenlage vorsichtig überstreckt, indem man eine Handfläche auf seine Stirn legt und damit den Kopf sanft nach unten drückt, während mit den Fingerspitzen der anderen Hand sein Unterkiefer am Kinn gefasst und angehoben wird. Eine Verlegung der Atemwege durch das Zurücksinken der Zunge wird dadurch vermieden.

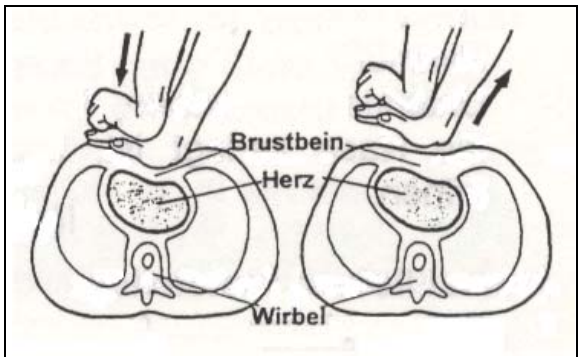
5.13.3 Kontrolle der Atmung

Während die Atemwege offen gehalten werden, wird die Atmung durch Sehen, Hören und Fühlen max. 10 Sekunden lang überprüft. Atmet der Taucher normal, ist er in die stabile Seitenlage zu bringen und der Rettungsdienst ist zu verständigen. Bis zu dessen Eintreffen sind Bewusstsein und Atmung weiter zu kontrollieren.

5.13.4 Herz – Lungen – Wiederbelebung (HLW)

Ist keine „normale“ Atmung nachweisbar, muss unverzüglich mit der Herzdruckmassage begonnen werden. Laienhelfern wird heute das Fühlen des Pulses an der Halsschlagader nicht mehr gelehrt, da die Beurteilung des Pulses schwierig sein kann und die erforderlichen Erste Hilfe Maßnahmen nur sinnlos verzögern würden.

Der Verletzte liegt auf einer harten Unterlage auf dem Rücken, während der Helfer seitlich in Schulterhöhe kniet. In der Mitte der Brust des Verunfallten wird der Ballen der einen Hand des Helfers aufgesetzt. Der Ballen der zweiten Hand wird auf die untere Hand aufgelegt, um mit gestreckten Armen einen senkrechten Druck auf die untere Hälfte des Brustbeins auszuüben. Unnötiger Zeitverlust für das Auffinden des optimalen Druckpunktes ist zu vermeiden. Viele Helfer „verschränken“ die Finger beider Hände während der Herzdruckmassage.



HLW

Beim Erwachsenen muss das Brustbein bei jeder Kompression 4-5 cm in Richtung Wirbelsäule gedrückt und anschließend wieder vollständig entlastet werden, ohne dass der Kontakt des Handballens zum Brustkorb verloren wird. Druck- und Entlastungsphase sollten gleich lang dauern und müssen mit einer Frequenz von ca. 100/min rhythmisch durchgeführt werden.

! **Hinweis:** Hilfreich ist es, wenn man bei der Herzdruckmassage laut mitzählt. Man kann dadurch sein eigenes Handeln und die Geschwindigkeit der Kompressionen besser überprüfen.

5.13.5 Wiederbelebungsrhythmus

Nach je **30 Herzkompressionen** werden die Atemwege durch Anheben des Unterkiefers und sanftes Überstrecken des Halses freigelegt und **2 Atemspenden** durchgeführt.

5.13.6 Notfallbeatmung

Zur Vermeidung einer Übertragung ansteckender Krankheiten und auch aus hygienischen Gründen empfiehlt sich eine **Mund-zu-Masken-Beatmung** mit einer einfachen Beatmungsmaske aus Silikon, die auch Bestandteil jedes Notfallkoffers sein sollte.

Ist eine solche nicht vorhanden, kommt die **Mund-zu-Mund-Beatmung** zur Anwendung: Eine Hand des Helfers liegt auf der Stirn des Verunfallten und überstreckt vorsichtig dessen Hals, während Daumen und Zeigefinger derselben Hand die Nase des Opfers verschließen. Die Finger der anderen Hand ziehen den Unterkiefer am Kinn nach vorne, damit der Mund leicht geöffnet wird. Der Helfer atmet tief ein und umschließt mit seinem geöffneten Mund den Mund des Verletzten und bläst seine Ausatemluft ein, während er beobachtet, ob sich dabei der Brustkorb des Verletzten hebt und nach dem Atemstoß auch wieder senkt. Während die Luft vom Verunfallten ausgeatmet wird, sollte man den Kontakt zu diesem lösen und selbst Frischluft einatmen, indem man den eigenen Kopf etwas zur Seite bewegt. Sobald sich der Brustkorb des Verletzten gesenkt hat, beatmet der Helfer ein zweites Mal. Jede Atemspende sollte etwa 1 Sekunde dauern.

Mund zu Mund Beatmung

Hebt sich der Brustkorb des Verletzten während der Beatmung nicht, war diese nicht erfolgreich. Durch korrektes Überstrecken des Halses und Anheben des Unterkiefers muss das Freilegen der Atemwege erneut versucht werden. Ist danach ein Beatmen noch immer nicht möglich, sind evtl. Fremdkörper (Gebissteile, Erbrochenes), welche die Atemwege verlegen, aus der Mundhöhle zu entfernen. Hindernisse in den tieferen Abschnitten der Atemwege sind Laienhelfern nicht zugänglich.

! ***Achtung:*** *Es sollten grundsätzlich nicht mehr als zwei Beatmungsversuche unternommen werden, danach ist die Herzdruckmassage wieder fortzusetzen. Bei Beinahe-Ertrinken steht jedoch der Sauerstoffmangel und damit die Beatmung im Vordergrund.* ***Deshalb sollte in diesen Fällen vor Beginn der Herzdruckmassage fünfmal beatmet werden.***

5.13.7 Verständigung des Rettungsdienstes

Da bei vielen Erwachsenen als Ursache für den Kreislaufstillstand ein sog. „Kammerflimmern" (ein unkoordiniertes Zusammenziehen der Herzmuskelfasern) vorliegt und die Überlebenschancen ohne ärztliche Maßnahmen rasch abnehmen, sollte grundsätzlich zuerst der Rettungsdienst verständigt und erst dann die HLW begonnen werden. Ist der Retter nach einem Fall von Beinahe-Ertrinken allein, so beginnt er mit **fünfmaliger Beatmung**, gefolgt von **2 HLW-Zyklen 30:2**, bevor er den Rettungsdienst verständigt.

5.13.8 Koordination der HLW

Eine HLW ist anstrengend und sollte daher auch von mehreren Helfern abwechselnd ausgeführt werden. Die Herzdruckmassage ist beim Wechsel möglichst nicht zu unterbrechen. Sie muss fortgesetzt werden, bis eine ausreichende Atmung nachweisbar ist oder der Rettungsdienst den Verletzten übernimmt. Bei Einsetzen der Eigenatmung sind die meisten Verletzten noch tief bewusstlos und müssen daher in die „stabile Seitenlage" (s. u.) gebracht und weiter beobachtet werden.

5.13.9 Stabile Seitenlage

Jeder Verletzte, der auf Ansprache/Berührung nicht passend reagiert, aber eine „normale" Eigenatmung aufweist, ist in die „stabile Seitenlage" zu bringen.

Der dem Helfer näher liegenden Arm des Bewusstlosen wird im rechten Winkel zu dessen Körper auf den Boden gelegt. Das gegenüberliegende Bein wird nun am Knie und der gegenüberliegende Arm am Handgelenk gefasst. Das Knie wird gebeugt und zum Handgelenk des Verletzten geführt, bis das Handgelenk auf dessen Knie gelegt werden kann. **Der gestreckte Arm, die Wirbelsäule und der Oberschenkel des Verletzten bilden so ein stabiles Dreieck.** Durch gleichmäßigen Zug am Handgelenk und am Knie wird nun der Verletzte zum Helfer gedreht, bis das Knie dem Boden aufliegt.

Um ein Zurücksinken der Zunge zu verhindern, wird jetzt der Hals vorsichtig überstreckt und der leicht geöffnete Mund zum Boden gedreht. Es kann auch die Hand, mit der das stabile Dreieck gebildet wurde, unter die Wange des Bewusstlosen gelegt werden, um einen direkten Kontakt des Mundes mit dem Boden zu vermeiden.

In dieser „stabilen Seitenlage" müssen Atmung und Kreislauf regelmäßig kontrolliert werden. Setzt die Atmung aus, ist der Verunfallte auf den Rücken zu drehen und die HLW erneut zu beginnen.

5.14 Erste Hilfe Kurs

Eine umfassende Ausbildung in Erster Hilfe ist für jeden Taucher sinnvoll. Nicht nur beim Tauchen in entlegenen Regionen kann dieses Wissen Leben retten und Menschen vor bleibenden gesundheitlichen Schäden bewahren. Die erlernten Fähigkeiten sollten wiederholt geübt werden, um im Ernstfall eine korrekte und rasche Hilfeleistung zu garantieren.

5.15 Tauchmedizin - Fragen und Antworten

1. Darf ich tauchen, wenn ich seekrank war?
   Das Tauchen ist erst wieder nach Ausgleich des Flüssigkeitsdefizits und bei allgemeinem Wohlbefinden zu empfehlen.
2. Nach einem längeren Tauchgang fühle ich mich sehr müde und kraftlos. Ist das bedenklich?
   Ungewöhnlich starke Müdigkeit wird heute als „mildes" Symptom eines Dekompressionsunfalls bewertet. Maßnahmen: Sauerstoffatmung und Kontaktaufnahme mit einem Taucherarzt.
3. Darf ich nach einem Tauchgang noch mit der ABC-Ausrüstung tauchen?
   Gasbläschen im Lungenfilter werden komprimiert und gelangen in den arteriellen Schenkel des Kreislaufs, wo sie sich beim Auftauchen ausdehnen, kleine Arterien verlegen und dadurch Symptome einer DCI verursachen.
4. Nach einem langen Tauchgang spüre ich einen dumpfen Schmerz in der rechten Schulter.
   Ein dumpfer Schmerz im Bereich eines großen Gelenkes, der zeitverzögert nach einem Tauchgang auftritt, deutet auf eine DCS hin.
5. Nach einigen Tauchgängen im Meer bekomme ich häufig Ohrenschmerzen.
   „Austrocknende" Ohrentropfen (z.B. Alkohol- oder Essiglösungen), die nach dem Tauchen angewendet werden, verhindern eine Vermehrung von Keimen, welche Entzündungen des äußeren Gehörganges verursachen. Ist die Entzündung einmal da, so kann sie mit Ohrentropfen bekämpft werden. Vorher muss der Gehörgang gereinigt werden. Die Reinigung erfolgt z.B. durch Eintropfen von Wasserstoffsuperoxid – nicht mit Reinigungsstäbchen!

6. Gestern habe ich trotz einer beginnenden Verkühlung getaucht und den Druckausgleich erzwungen. Heute höre ich auf einem Ohr deutlich schlechter.
   Wahrscheinlich liegt ein Barotrauma des Mittelohres, seltener des Innenohres vor. Bis zur fachärztlichen Abklärung darf vorerst nicht weiter getaucht werden.

7. Was sind die Ursachen von Kopfschmerzen nach dem Tauchen?
   Barotrauma der Nasennebenhöhlen durch ungenügenden Druckausgleich; hoher CO_2- Spiegel im Blut durch flache Atmung; Tauchen ohne Kopfhaube; Probleme mit der Wirbelsäule durch die ungewohnte Überstreckstellung des Halses; ein schlecht passendes Mundstück.

8. Probleme beim Druckausgleich
   Weiter aufsteigen und noch einmal probieren, schnäuzen, keineswegs den Druckausgleich erzwingen

9. Darf man Nasentropfen verwenden, wenn der Druckausgleich erschwert ist?
   HNO-Ärzte, die selber tauchen, verschreiben abschwellende Nasentropfen, die nicht müde machen. Diese Tropfen müssen 1-2 Stunden vor dem Tauchgang angewendet werden.

10. Ich bekomme beim Schwimmen oft einen Krampf in der Wade.
    Die Ursachen können ein zu enger Tauchanzug, aber auch Durchblutungs- oder Elektrolytstörungen sein. Vielleicht bestand in den letzten Tagen Übelkeit, Erbrechen oder Durchfall? Vielleicht fehlt Magnesium?

11. Am Anfang des Tauchgangs wird mir plötzlich schlecht.
    Der Tauchgang muss abgebrochen werden. Wenn die Atemluft schlecht ist, schafft der Umstieg auf den Reserveregler des Partners Erleichterung, sodass Sicherheitsstopps eingehalten werden können.

12. Wie lange darf man hyperventilieren?
    Hyperventilieren stellt immer ein Risiko dar, auch wenn Sicherungstaucher bereitstehen

13. Was versteht man unter HLW?
    Herz- Lungen- Wiederbelebung. Harte Unterlage – Atemwege frei machen – den verunglückten Taucher fünfmal beatmen – mit dem Wiederbelebungszyklus 30:2 beginnen.

14. Was bewirkt die Dehydration?
    Das Blut wird eingedickt und behindert den Gasaustausch

15. Ein Taucher schreit und gestikuliert im kalten See 50 m vom Ufer entfernt!
    Kälteschutz und ABC anziehen – mit einem Rettungsmittel auf den Taucher zuschwimmen – nur so schnell, dass man ihn bei Kräften erreicht.

16. Wie nähere ich mich einem Unfallopfer, das in Panik geraten ist?
    Rettungsmittel zuschieben - erst dann auf Griffweite nähern, wenn sich das Unfallopfer beruhigt hat.

6 Computer, Tabellen und der Tiefenzuschlag

! ***Achtung:*** *Für Taucher, die unter 700 m wohnen und über 700 m tauchen wollen, steht keine geeignete Bergseetabelle zur Verfügung, die den relativ schnellen* ***Aufstieg von einem in den nächsten Höhenbereich*** *berücksichtigen kann.*

Noch drastischer wird es, wenn Einsatztaucher zu einem höher gelegenen Einsatzort geflogen werden und dadurch die Adaptationszeit vor dem Tauchgang wegfällt. Der Taucher ist auf einen Tauchcomputer angewiesen, der den Aufstieg zum Berg mitrechnet. Steht weder ein geeigneter Computer noch eine passende Tabelle zur Verfügung, oder kann die vorgeschriebene Anpassungszeit nicht eingehalten werden, so kann zur Planung die „Zuschlagsmethode" in Verbindung mit dem ZH-L16 Dekoplaner zur Tauchgangsplanung verwendet werden.

! **Hinweis:** Wenn der Aufstieg zum Bergsee über höchstens 2000 m erfolgt und mindestens 30 min dauert, berechnet man einen **Tiefenzuschlag von 10 % pro 1000 m Seehöhe** und addiert ihn zur gemessenen Tiefe. Mit dieser vergrößerten „Rechentiefe" geht man in die Planungstabelle. Die Planungsmethode gilt bis 2500 m Höhe. Sie führt zu geringfügig längeren Dekozeiten gegenüber einer passenden Bergseetabelle, die Verlängerung ist jedoch zumutbar.

Da jede der erhältlichen Bühlmanntabellen mit unterschiedlichen Koeffizienten berechnet wurde und für einen anderen Höhenbereich gilt, wurde zur besseren Vergleichbarkeit mit Tauchcomputern eine 0 m-Meerestabelle mit dem derzeit gültigen Koeffizientensatz ZH-L16B entworfen. **Zum Tauchen darf diese Planungstabelle NICHT verwendet werden**.

6.1 Tauchcomputer

Vor dem Kauf eines Tauchcomputers sollte man sich bei Tauchkameraden erkundigen, welche Erfahrungen sie mit den verschiedenen Modellen gemacht haben. Vorsicht ist bei Computern mit zu vielen und zu kleinen Anzeigen geboten, die bei Dunkelheit oder Stress nur schlecht abgelesen werden können. Anzeigen, die währen des Ablesens umschalten, sind nicht zu empfehlen. Die Anzeige sollte sich auf wesentliche Daten beschränken.

6.1.1 Arbeitsweise und Eigenschaften

Durch Wasserkontakt wird der Tauchmodus aktiviert. Der Computer misst in kurzen Abständen die Druckänderung (Tiefe und Zeit), zeigt sie an und berechnet mit Hilfe der Tiefen- und Zeitintervalle die Inertgasdrücke der einzelnen Gewebe. Der Computer zeigt an, wie lange der Taucher noch in der augenblicklichen Tiefe verweilen darf, ohne dass dekomprimiert werden muss (Nullzeit) und er zeigt die Aufstiegszeit mit allen erforderlichen Dekopausen an.

Die **Nullzeit** wird mit zunehmender Tauchdauer kürzer und vermittelt dem Taucher, wann er den Aufstieg beginnen soll. Sobald er geringere Tiefen aufsucht, verlängert sich seine Nullzeit wieder. Werden die Grenzen der Nullzeit auf diese Art wiederholt ausgereizt, schrumpft der Sicherheitsrahmen auf ein Minimum.

Einige Computer zeigen starre **Dekotiefen** (3, 6, oder 9 m), andere schreiben vor, wie weit der Taucher maximal aufsteigen darf, ohne seine Gewebe zu überlasten („ceiling"). Weiters geben sie vor, wie weit ein Taucher aufsteigen muss, damit überhaupt eine nennenswerte „Entsättigung" beginnt („floor"). Wenn auch unterschiedliche, zum Teil tiefenabhängige Geschwindigkeiten toleriert werden, so zeigen doch alle Computer an, ob die zulässige **Aufstiegsgeschwindigkeit** eingehalten oder überschritten wird.

„Luftintegrierte" Computer zeigen sowohl den **Flaschendruck** als auch die **Restzeit** an, die der Taucher noch in der augenblicklichen Tiefe mit dem momentanen Luftverbrauch verbringen kann, ohne dass er auf seine „Reserve" zugreifen muss. Eine Erhöhung des durchschnittlichen Luftverbrauchs wird als „körperliche Anstrengung" gewertet und durch Warnsymbole

angezeigt. Einzelne Systeme übertragen den Flaschendruck von einem Sender an der Hochdruckstufe zum Computer am Handgelenk des Tauchers und benötigen daher keinen Hochdruckschlauch zur Druckübermittlung.

„Adaptive Programme“ messen die Wassertemperatur und berücksichtigen die temperaturabhängige Löslichkeit des Stickstoffs in der Haut. Die Programme der Tauchcomputer sind meist für „durchschnittliche“ Taucher ausgelegt. Bei einzelnen Modellen können zusätzliche „**persönliche Sicherheitsfaktoren**“ (z.B. ein Bergseemodus auch für Tauchgänge im Meer) eingestellt werden. Es erscheint daher zweckmäßig, dass Tauchpartner Computer vom gleichen Hersteller verwenden oder wenigstens gleiche „Sicherheitslevel“ einstellen. Die Anzeigen verschiedener Computermodelle können sonst erheblich voneinander abweichen, auch wenn gleiche Profile getaucht werden.

Jedes Jahr nimmt die Zahl von Tauchbasen und Tauchschiffen zu, die aus Sicherheitsgründen **Nitrox** (mit Sauerstoff angereicherte Luft) ohne Mehrpreis anbieten. Auch wenn manche „nitroxtaugliche“ Computer noch etwas teurer sind als reine „Luftmodelle“, erscheint es sinnvoll, über die Anschaffung eines solchen Rechners nachzudenken. Computer müssen in gebirgigen Ländern „bergseetauglich“ sein. Für Taucher, welche oft in wechselnden Höhen tauchen, besteht eine Gefährdung, wenn sie vergessen, den **Höhenbereich** richtig einzustellen. Für sie erscheint ein Computer zweckmäßig, der Höhenänderungen selbst „erkennt“ bzw. berechnet.

! ***Achtung:*** *Soll kurz nach dem Tauchen ein höher gelegener Pass überquert werden, ist der Taucher durch den verminderten Luftdruck gefährdet, da der Computer diese Druckänderung vorweg nicht erkennen kann. Ein manuell umschaltbarer Computer, der auf das Niveau der Passstraße eingestellt wird ist für derartige Planungen vorteilhaft.*

6.1.2 Anwendung

Der Anwender muss die Vorgaben der Bedienungsanleitung einhalten und auf die Anzeigen des Computers vertrauen. Er kann sie auch mit Tabellen oder anderen Computern vergleichen. Vor dem Tauchgang muss der Höhenbereich eingestellt bzw. überprüft werden. Die meisten Computer setzen beim ersten Tauchgang voraus, dass alle Gewebe des Tauchers an den herrschenden Umgebungsdruck angepasst sind. Die Anzeigen sind daher nur dann gültig, wenn der Taucher vorher mindestens 24 Stunden nicht getaucht hat.

Kein Tauchcomputer kann Tauchgänge berechnen, die ohne ihn durchgeführt worden sind. Die Berechnungen sind – bis zur vollständigen Entsättigung – nur für den Taucher gültig, der bisher mit dem Computer getaucht hat. Computer dürfen daher nur eingesetzt werden, wenn sie bei allen Tauchgängen mitgeführt worden sind, deren zeitlicher Abstand weniger als 24 Stunden beträgt (Angaben im Handbuch sind zu beachten). Verfolgt man die Anzeigen seines Computers aufmerksam und prägt man sie sich ein, ist ein Ausfall des Computers kein Grund zur Panik. Der Tauchgang wird abgebrochen und – sofern der Tauchpartner die gleichen Profile getaucht hat – nach dessen Computer beendet. Ein einziger, funktionstüchtiger Computer genügt für das sichere Austauchen, wenn beide Taucher die gleichen Tauchgänge durchgeführt haben. Wenn die Anzeigen der Computer von Tauchpartnern voneinander abweichen, sollte man sich nach den konservativeren Angaben richten. Der Umgang mit Tauchcomputern ist unter Wasser einfacher als der mit Tauchtabellen. Im Gegensatz zu Tabellen sind viele Computer für die Planung von Tauchgängen kaum geeignet.

„Worst-Case-Scenario“: Wenn alles schief gegangen ist, sollte das Tauchgerät in etwa 5 m Tiefe leer geatmet werden. Weitere Tauchgänge dürfen in den nächsten 24 Stunden nicht durchgeführt werden. Der/die betroffene(n) Taucher müssen unbedingt beobachtet werden, ob Symptome einer DCI auftreten. Weder Tabellen noch Computer können einen „absoluten Schutz“ vor einem Tauchunfall garantieren, genau so wenig, wie ein „Lawinenpiepser“ vor

dem Abgang einer Lawine schützen kann. **Die Verantwortung für sicheres Tauchen liegt beim Taucher selbst.**

Hinweis: Tauchcomputer haben den grundsätzlichen Vorteil gegenüber Tabellen, dass sie die Dekompression auch dann richtig berechnen, wenn sie auf tieferen als den vorgeschriebenen Stufen begonnen oder durchgeführt wird. Die Dekompression dauert zwar länger, aber der „tolerierte Umgebungsdruck" wird nicht erreicht und die Zahl der Mikrobläschen vermindert.

6.2 Tabellen

Im Bereich des Österreichischen Tauchsportverbandes werden keine Tabellen verwendet. Damit jedoch die Tauchgansplanung nicht dem Zufall überlassen werden muss und damit ein Taucher abschätzen kann, was auf ihn zukommt, wurden vom Autor im Einvernehmen mit CMAS Planungstabellen entworfen. Sie werden erst dann zum Tauchen zugelassen, wenn die Neuberechnung durch unabhängige Stellen abgeschlossen ist und wenn sie vom „CMAS Techincal Committee" und „CMAS Executive Board" genehmigt worden sind.

Der folgende „DEKOPLANER" wurde als Nitroxtabelle geplant und mit dem Koeffizientensatz ZH-L16 B von Prof. Bühlmann berechnet. Er gilt für „Rechtecktauchgänge" auf Meeresniveau und berücksichtigt einen Fehler des Tiefenmessers von 1 m. Der Tiefenzuschlag beträgt 10 % pro 1000 m Seehöhe. Die Aufstiegsgeschwindigkeit beträgt 10 m/min. Um Mikrobläschen zu vermeiden, wird der Aufstieg durch einen Sicherheitsstopp in halber Tiefe unterbrochen. Der traditionelle Sicherheitsstopp erfolgt in 5 m Tiefe.

Tauchtiefe: größte erreichte Tiefe
Grundzeit: vom Beginn des Abstieges bis zum Erreichen des „tiefen Sicherheitsstopps"

Im Zeitalter des Computers wird der DEKOPLANER vorwiegend im theoretischen Tauchunterricht verwendet. Er ist jedoch durch die Anwendbarkeit der Zuschlags- und Abzugsmethode (für Bergsee & Nitrox) ein ausgezeichnetes Instrument zur übersichtlichen und schnellen Planung von beliebigen Tauchgängen. Tauchgänge müssen nicht mehr „berechnet" werden, weil man alle notwendigen Größen mit ausreichender Genauigkeit direkt vom Planer ablesen kann.

Es gibt eine große Anzahl verschiedener Dekotabellen, welche sich erheblich voneinander unterscheiden. Computer rechnen mit sog. „modifizierten" Programmen, die auch keinen direkten Vergleich erlauben. Die vorliegende Tabelle enthält die angegebenen Standardwerte für die Planung von Tauchgängen.

In der Praxis sollten Tauchgänge mit der Tabelle geplant und nach den Vorgaben eines modernen Tauchcomputers unter Berücksichtigung der genannten Sicherheitskriterien durchgeführt werden. Die Bedienungsanleitung des jeweiligen Computers ist unbedingt zu beachten.

Achtung: *Die Verwendung einer Tabelle kann grundsätzlich keine gesundheitlichen Probleme ausschließen. Das gilt auch uneingeschränkt für die folgenden Tabellen. Die Autoren können daher keine Haftung übernehmen, wenn beim Tauchen nach den Tabellenwerten eine Gesundheitsstörung auftritt. Die Verantwortung für das eigene Tauchverhalten kann keinem Taucher abgenommen werden.*

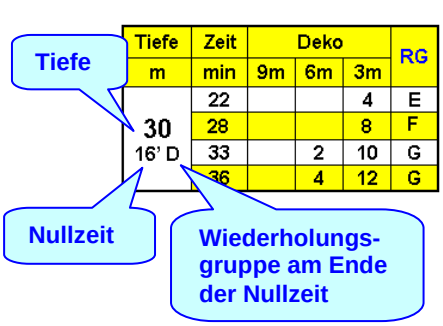
Die verschiedenen „Bühlmanntabellen" wurden so zusammengefasst dass sie leichter lesbar werden. Einzig die Grundzeiten wurden so verändert, dass sich Dekozeiten von 4, 8, 12 und 16 min ergeben. Der Atemgasdruck, der während der Dekompression verbraucht wird, beträgt daher 10, 20, 30 oder 40 bar. Während ein Taucher nach einem Nullzeittauchgang den „blasenarmen Aufstieg" mit 50 bar beginnt, muss er bei Dekompressionstauchgängen mit einem Flaschendruck von 60, 70, 80 oder 90 bar beim tiefen Stopp eintreffen.

Mit DEKOPLANER und NITROXPLANER kann die Tauchgangsplanung unmittelbar vor dem Tauchgang in beliebiger Seehöhe mit beliebigen Nitroxmischungen ohne mühsame Berechnungen erfolgen. Jeder Taucher kann ablesen, wie lange er mit seinem Atemgas auskommen wird, wie lange er dekomprimieren muss, welchen Atemgasdruck er während der Dekompression verbraucht und vor allem – wenn es wirklich einmal knapp werden sollte – wie lange er noch mit seinem restlichen Atemgas auskommen wird.

! **Hinweis:** Paniksituationen wegen Luftmangels sollten mit dieser Planungshilfe vermieden werden können.

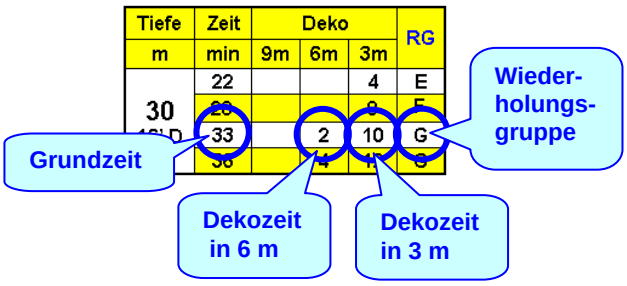
6.3 Der Dekoplaner

6.3.1 Tabelle für den Ersttauchgang



Tiefe	Zeit	Deko			RG
m	min	9m	6m	3m	
30 16' D	22			4	E
	28			8	F
	33		2	10	G
	36		4	12	G

Die **Tauchtiefen** (12 – 42 m) der Tabelle findet man ganz links. Bei geringen Tiefen bis 9 m sind keine Dekozeiten mehr zu erwarten, da die Nullzeiten länger sind als die dafür notwendige Atemgasmenge in handelsüblichen Tauchflaschen reicht. Unmittelbar unter der Tauchtiefe steht die zugehörige Nullzeit (z.B. 16' = 16 min). Neben der Nullzeit steht die zugehörige Wiederholungsgruppe (16' D). Je größer die Tiefe, desto kürzer werden die Nullzeiten.



Tiefe	Zeit	Deko			RG
m	min	9m	6m	3m	
30	22			4	E
	33		2	10	G

Die 2. Spalte zeigt die **Grundzeiten** der entsprechenden Tauchtiefen. Die nächsten 3 Spalten enthalten die Werte für erforderliche Dekostopps in 9, 6 und 3 m Tiefe. In der letzten Spalte „RG" (Repetitive Group = Wiederholungsgruppe) findet man den Buchstabencode des nach dem Tauchgang am stärksten belasteten Gewebes (Leitgewebe).

Beispiel: Für den ausgewählten „Extremtauchgang": Tiefe = 30 m und Grundzeit = 33 min sind 2 Dekompressionsstufen erforderlich:

6 m / 2 min und **3 m / 10 min**, Wiederholungsgruppe = G, oder vereinfacht: **2 + 10 G**

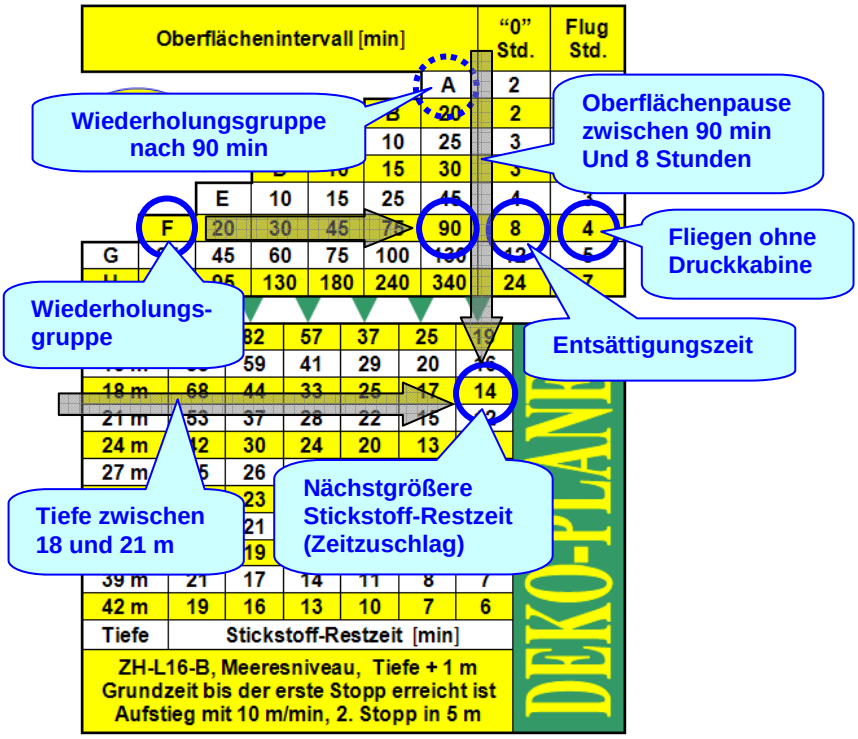
6.3.2 Tabelle für den Wiederholungstauchgang

Während der Oberflächenpause (Oberflächenintervall) wird der Inertgasdruck in den Geweben abgebaut. Es dauert bis zu 24 Stunden, bis die wichtigsten Gewebe so viel Druck verloren haben, dass man ihren „Stickstoff-Restdruck" vernachlässigen kann. Ist die Oberflächenpause kürzer als 24 Stunden, so gibt die Wiederholungstabelle die sog. „Stickstoff-Restzeit" für die jeweilige Tauchtiefe an. Diese Restzeit entspricht der Stickstoffmenge, welche sich noch in den Geweben befindet. Je größer die Tiefe, desto kürzer ist die Zeit, in der die gleiche gedachte Stickstoffmenge bei einem Ersttauchgang aufgenommen werden kann.

! **Hinweis:** Man nimmt an, dass der Taucher die Stickstoff-Restzeit bereits in der angegebenen Tiefe verbracht hat, bevor der Tauchgang beginnt.

In der Wiederholungstabelle beginnt man mit dem Buchstaben der Wiederholungsgruppe nach dem Ersttauchgang (im folgenden Beispiel „F") und geht nach rechts bis zum geplanten Oberflächenintervall. Nach 8 Stunden Oberflächenpause ist hier kein Zeitzuschlag mehr erfor-

derlich, da alle Gewebe wieder annähernd ihren Anfangsdruck erreicht haben (Stickstoff-Restzeit = "0"). Nach 4 Stunden sind die Gewebedrücke so weit reduziert, dass alle Gewebe bereits den verminderten Umgebungsdruck in 2000 m Höhe über dem jeweiligen Tauchplatz tolerieren („Flug").



Die originalen Bühlmanntabellen geben die Verringerung der Wiederholungsgruppe während der Oberflächenpause an. Nach einem Oberflächenintervall von 90 min hat sich der Gewebecode von „F" nach „A" vermindert. 90 min nach einem Tauchgang mit RG = F ergibt sich somit derselbe „Zeitzuschlag", wie unmittelbar nach einem Tauchgang mit RG = A.

Dauert die **Oberflächenpause** zwischen 90 min und 8 Stunden, folgt man der Spalte zwischen 90 min und 8 Stunden nach unten. Liegt die **geplante Tiefe** des Wiederholungstauchgangs zwischen 18 und 21 m, folgt man der Zeile zwischen 18 und 21 m nach rechts und wählt den größeren Zeitzuschlag (14 min).

! ***Achtung:*** *Kommt der gewünschte Wert für Tiefe, Zeit oder Zeitzuschlag in der Tabelle nicht vor, wählt man den jeweils nächst größeren Tabellenwert.*

6.4 Die Tauchgangsplanung mit Tabellen dient der Sicherheit

Die Planung muss so einfach sein, dass sie auch in der Praxis durchgeführt werden kann. Rechnungen müssen so einfach sein, dass Rechenfehler sofort ins Auge springen. In jeder Planung ist der individuelle Luftverbrauch eine geschätzte Größe. Das Atem-Minuten-Volumen (AMV) beschreibt den durchschnittlichen Luftverbrauch eines Tauchers pro Minute an der Oberfläche. Das AMV beträgt 15 Liter pro min bei geringer Aktivität und kann bei körperlicher Anstrengung und/oder psychischer Beanspruchung kurzzeitig höhere Werte als 40 Liter pro Minute erreichen. Am Beginn ihrer Laufbahn ist der Luftverbrauch der meisten Taucher relativ hoch und muss folglich berücksichtigt werden.

6.4.1 Der durchschnittliche Luftverbrauch

Beispiel: Atmet ein Taucher an der Meeresoberfläche innerhalb von 5 min aus einer 10 Liter-Flasche 10 bar, so verbraucht er:

$$AMV = \frac{Luftmenge}{Luftdruck \times Zeit} = \frac{10\ bar \times 10\ Liter}{1\ bar \times 5\,\text{min}} = 20\,\frac{Liter}{\text{min}}$$

Das „Atem-Minuten-Volumen" (AMV) des Tauchers beträgt 20 Liter/min und das entspricht einem **„durchschnittlichen Verbrauch" bei mittlerer Bewegung**.

In 10 m Tiefe herrscht der doppelte Umgebungsdruck, daher ist auch der Luftverbrauch doppelt so groß. Beim vierfachen Umgebungsdruck (in 30 m Tiefe) ist der Verbrauch bereits viermal so groß wie an der Oberfläche (80 Liter pro min).

6.4.2 Der „Druckverbrauch“

Der Druckverbrauch hängt von der verwendeten Flaschengröße und vom Umgebungsdruck in der Tauchtiefe ab. Er kann mit dem Finimeter direkt kontrolliert werden. In 20 m Tiefe braucht der durchschnittliche Taucher bei Verwendung einer 10 Liter Flasche:

$$Druckverbrauch = \frac{AMV \times Umgebungsdruck\ in\ 20\ m\ Tiefe}{Flaschenvolumen} = \frac{20\ Liter/\min \times 3\ bar}{10\ Liter} = 6\ bar/\min$$

6.4.3 Der „Druckverbrauch“ während der Austauchphase

Die Dekompressionszeit wird überwiegend in 3 m Tiefe verbracht. Berücksichtigt man den tiefen Sicherheitsstopp in 15 m und die verminderte Bewegung während der beiden Sicherheitsstopps, so kann während der gesamten Austauchphase mit einer durchschnittlichen Tiefe von 5 m gerechnet werden.

- Wie groß ist der Dekoverbrauch mit einer 10 Liter-Flasche in 5 m Tiefe?

$$Dekoverbrauch = \frac{20\ Liter/\min \times 1{,}5\ bar}{10\ Liter} = 3\ bar/\min$$

- Eine 15 Liter-Flasche ist 1½ mal so groß wie eine 10 Liter-Flasche, daher sinkt der „Dekoverbrauch“ mit der 15 Liter-Flasche auf:

$$Dekoverbrauch = \frac{20\ Liter/\min \times 1{,}5\ bar}{15\ Liter} = 2\ bar/\min$$

Hinweis: Der durchschnittliche Druckverbrauch in 5 m Tiefe beträgt

- mit der 10 Liter Flasche 3 bar/min
- mit der 12 Liter Flasche 2.5 bar/min
- mit der 15 Liter Flasche 2 bar/min

Jeder Taucher kann sich den durchschnittlichen Druckverbrauch mit „seiner“ Flasche in 5 m Tiefe merken. Im Mittel beträgt der Druckverbrauch 2,5 bar/min, sodass **in je 4 min Dekozeit etwa 10 bar Atemgas verbraucht werden.**

21 34' E	44		4	F
	53		8	F
	58		12	G
	65		16	H

Dekodruck = Dekozeit × Dekoverbrauch =
= 4 min × 2,5 bar/min = 10 bar

Wie man sieht, sind die Dekozeiten des Planers (fast) durchwegs 4, 8, 12 und 16 min, daher sind die für die Dekompression erforderlichen Drücke immer 10, 20, 30 oder 40 bar.

6.4.4 Der „Druckverbrauch“ für den „standardisierten Aufstieg“

Eine bewährte Sicherheitsregel lautet:

„Nach einem Tauchgang in der Nullzeit soll der Aufstieg begonnen werden, wenn der erste Taucher einer Gruppe einen Flaschendruck von 50 bar erreicht hat.“

Durch die Einführung des tiefen Sicherheitstopps wird der Aufstieg nicht mehr vom Grund weg, sondern erst ab dem tiefen Sicherheitstopp gerechnet. Die Sicherheitsregel ergibt somit einen **„standardisierten Aufstieg“,** der aus **4 gleich bleibenden Abschnitten** besteht:

- Tiefer Sicherheitsstopp (3 Minuten in halber Tauchtiefe oder 15 m),
- Aufstieg zum traditionellen Sicherheitsstopp (von 15 m bis 5 m in 1 Minute),
- Traditioneller Sicherheitsstopp in der Nullzeit (3 Minuten in 5 m),
- Aufstieg zur Oberfläche (von 5 m zur Oberfläche in 1 Minute).

Der **„blasenarme Aufstieg“** dauert somit 8 min und erfordert mit einer 12 Liter Flasche 20 bar. Er kann als fixe Größe betrachtet werden, die man nicht mehr „berechnen“ muss. Von den 50 bar bleiben an der Oberfläche ca. 30 bar als „Reserve“ übrig. Für den Notfall bleibt somit eine **„Dekoreserve“,** die je nach Flaschengröße, für eine Dekompressionszeit von 10-15 min ausreicht. 30 bar Restdruck in einer 12 Liter Flasche reichen im Notfall mindestens für:

$$Dekoreserve = \frac{Restdruck}{Dekoverbrauch} = \frac{30\ bar}{2{,}5\ bar/\min} = 12\ \min$$

Wenn der Aufstieg innerhalb der Nullzeit spätestens mit 50 bar begonnen wird, bleibt für einen möglichen Notfall ein Reservedruck von ca. 30 bar, der für mindestens 12 Minuten „Dekoreserve“ reicht. Bei Dekompressionstauchgängen wird der traditionelle Sicherheitsstopp in 5 m Tiefe durch Dekostopps ersetzt, sodass die „Reserve“ um 3 min verlängert wird.

6.5 Planung des Gasverbrauchs

Der beiliegende Planer ist für 12 Liter Flaschenvolumen ausgelegt und zeigt den jeweils gemessenen Flaschendruck (der verfügbare Druck ist immer 50 bar weniger). In der Spalte ganz links sind die Tauchtiefen aufgelistet. Im Mittelfeld sind **die zu erwartenden Grundzeiten** abzulesen. Die Spalte ganz rechts zeigt den Druckverbrauch in der jeweiligen Tauchtiefe. Mit dem Planer erspart man sich alle mühsamen Berechnungen.

Bei langen und tiefen Tauchgängen sind Dekompressionsstopps zu erwarten, die eingehalten werden müssen. Der Bereich der roten Zahlen weist darauf hin, dass der Tauchgang Dekompressionsstufen vorschreibt. Die markierten Werte gelten nur für Ersttauchgänge auf Meeresniveau, da die Nullzeiten mit steigender Seehöhe kürzer werden.

6.5.1 Planungsbeispiel für einen Ersttauchgang

- Wie lange kann man mit einer vollen 12 Liter Flasche in 20 m Tiefe tauchen? Wie groß ist der Druckverbrauch?

$$Druckverbrauch = \frac{AMV \times Umgebungsdruck\ in\ 20\ m}{Flaschenvolumen} = \frac{20\ Liter/\min \times 3\ bar}{12\ Liter} = 5\ bar/\min$$

- Wie groß ist der verfügbare Druck?

Für die Abschätzung der Grundzeit muss zuerst der Flaschendruck gemessen werden. Der verfügbare Druck vermindert sich um 50 bar für den standardisierten Aufstieg. Somit stehen für den eigentlichen Tauchgang bei einer vollen Flasche nur 150 bar zur Verfügung:

Verfügbarer Druck = Flaschendruck – 50 bar = 200 bar – 50 bar = 150 bar.

- Mit welcher Grundzeit kann der Taucher rechnen? Muss dekomprimiert werden?

$$Grundzeit = \frac{verfügbarer\ Druck}{Druckverbrauch} = \frac{150\ bar}{5\ bar/\min} = 30\ \min$$

Die berechneten Werte können auch einfach vom Planer abgelesen werden. Eine 12 Liter Flasche mit 200 bar reicht in 20 m Tiefe für 30 min Grundzeit.

12 Liter	200 bar	190 bar	0 bar	0 bar	0 bar	0 bar	140 bar	130 bar
5 m	60	56					36	32
8 m	53	49					32	28
10 m	45	42					27	24
12 m	41	38	35	33	30	27	25	22
14 m	38	35					23	20
16 m	35	32					21	18
18 m	32	30					19	17
20 m	30						18	16
22 m	28	26					17	15
24	26	25	23	21	19	18	16	14
26				20	18	17	15	13
				19	17	16	14	13
				18	17	15	14	12
				17	16	14	13	11
34 m	20	19	18	16	15	14	12	11

Gemessener Flaschendruck 200 bar

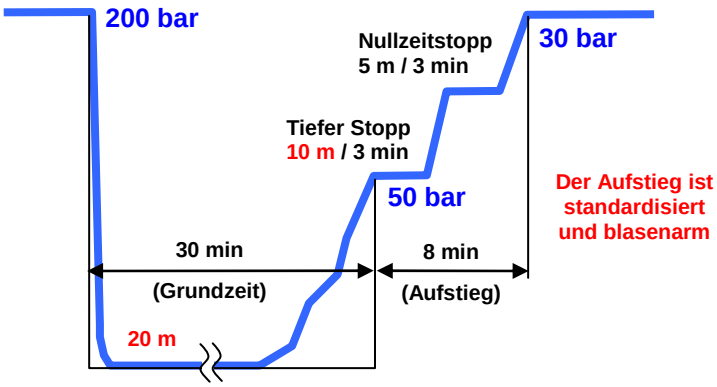
Zu erwartende Grundzeit 30 min

geplante Tiefe 20 m

Nach 30 min ist der Flaschendruck auf 50 bar abgesunken und der „blasenarme“ Aufstieg beginnt. „Schwarze“ Grundzeiten deuten an, dass beim Ersttauchgang auf Meeresniveau keine Dekozeiten zu erwarten sind.

21 34' E	44		4	F
	53		8	F
	58		12	G
	65		16	H

Der Tauchgang bleibt unter der Nullzeitgrenze
Wiederholungsgruppe RG = E



6.5.2 Planung eines Wiederholungstauchgangs

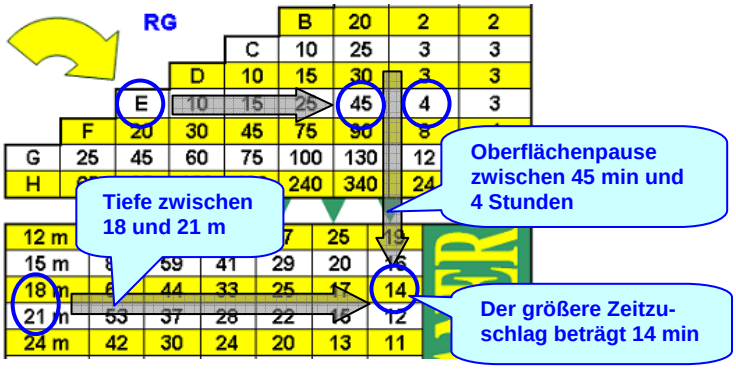
Die Oberflächenpause zwischen 2 Tauchgängen (vom Auftauchen bis zum neuerlichen Abtauchen) reicht selten aus, dass sich alle Gewebe wieder entladen können. Wenn die Entladung der langsamen Gewebe nicht vollständig erfolgt, steigt ihr Inertgasdruck mit jedem Wiederholungstauchgang an und die Zeitzuschläge einer Tabelle müssen immer länger werden. Für den ersten Wiederholungstauchgang sind die Zuschläge noch relativ großzügig, für den zweiten sind sie besser angepasst und für den dritten oft schon zu kurz. Daher sind mit Tabellenplanung maximal **3 Tauchgänge pro Tag** (= 2 Wiederholungstauchgänge) zulässig.

Die Zeitzuschläge werden meist für Tauchgänge berechnet, die nicht tiefer als der vorangegangene Tauchgang sind. Führt der Folgetauchgang in eine größere Tiefe als der Ersttauchgang, muss ein Computer verwendet werden. Da die Aufsättigung der Gewebe nicht von der Bergseehöhe, sondern nur von der Tauchtiefe (Druckunterschied) abhängt, gibt es von Bühlmann auch nur eine einzige, höhenunabhängige Wiederholungstabelle.

Führt der **Folgetauchgang in eine große Tiefe**, erreichen die schnellen Gewebe hohe Gasdrücke und bestimmen als Leitgewebe den Beginn der Dekompression. Schnelle Gewebe sind auch wieder schnell entladen und die Zeitzuschläge sind entsprechend kurz. Ist der **Folgetauchgang in eine geringe Tiefe** geplant, so kann länger getaucht werden. Die schnellsten Gewebe bleiben in der Nullzeit, während die langsameren Gewebe erhöhte Gasdrücke erreichen. Die Entladung eines Gewebes erfolgt, sobald der Umgebungsdruck geringer ist als der Gewebedruck. Dazu ist eine relativ geringe Dekotiefe erforderlich. Je geringer die zulässigen Druckunterschiede, desto länger dauert es, bis der Druck wieder abgebaut wird. Die Zeitzuschläge werden somit in geringeren Tiefen immer länger.

Beispiel:

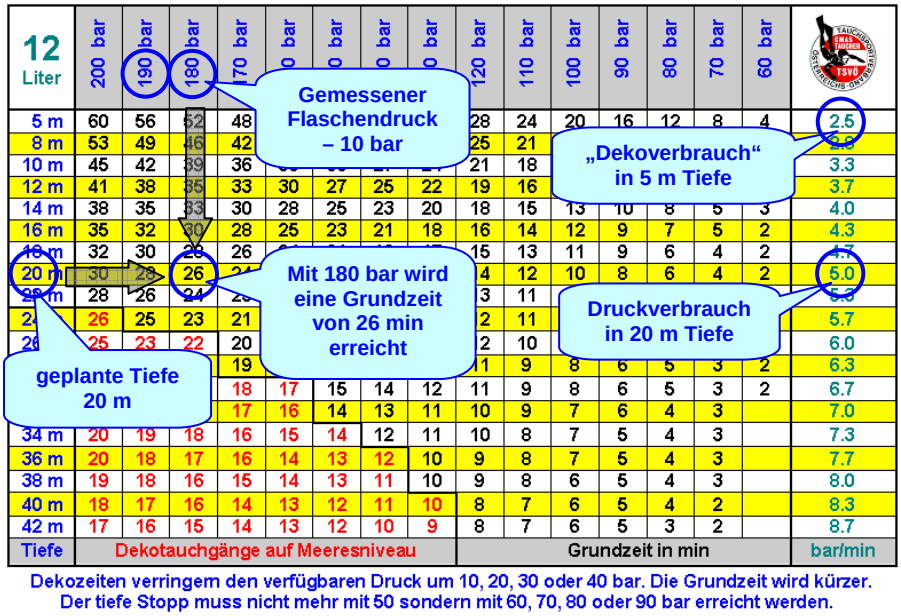
Tiefe = 20 m (zwischen 18 und 21 m)
Der vorangehende Tauchgang war ein Nullzeittauchgang mit RG = E
Oberflächenpause = 2 Stunden (zwischen 45 min und 4 Stunden)
Gemessener Flaschendruck = 190 bar



Man geht vom Buchstaben der Wiederholungsgruppe (E) nach rechts zur geplanten Oberflächenpause und dann entlang des senkrechten Pfeils nach unten.

Man geht von der geplanten Tiefe (zwischen 18 und 20 m) nach rechts und wählt den größeren Zeitzuschlag (14 min).

Restnullzeit = *Nullzeit – Zeitzuschlag = 34 min – 14 min* = **20 min**


Gemessener Flaschendruck – 10 bar
„Dekoverbrauch“ in 5 m Tiefe
Mit 180 bar wird eine Grundzeit von 26 min erreicht
Druckverbrauch in 20 m Tiefe
geplante Tiefe 20 m

12 Liter	200 bar	190 bar	180 bar	170 bar	160 bar	150 bar	140 bar	130 bar	120 bar	110 bar	100 bar	90 bar	80 bar	70 bar	60 bar	
5 m	60	56	52	48					28	24	20	16	12	8	4	2.5
8 m	53	49	46	42					25	21						3.0
10 m	45	42	39	36					21	18						3.3
12 m	41	38	35	33	30	27	25	22	19	16						3.7
14 m	38	35	33	30	28	25	23	20	18	15	13	10	8	5	3	4.0
16 m	35	32	30	28	25	23	21	18	16	14	12	9	7	5	2	4.3
18 m	32	30	28	26					15	13	11	9	6	4	2	4.7
20 m	30	28	26	24					14	12	10	8	6	4	2	5.0
22 m	28	26	24	22					13	11						5.3
24 m	26	25	23	21					12	11						5.7
26 m	25	23	22	20					12	10						6.0
28 m				19					11	9	8	6	5	3	2	6.3
30 m				18	17	15	14	12	11	9	8	6	5	3	2	6.7
32 m				17	16	14	13	11	10	9	7	6	4	3		7.0
34 m	20	19	18	16	15	14	12	11	10	8	7	5	4	3		7.3
36 m	20	18	17	16	14	13	12	10	9	8	7	5	4	3		7.7
38 m	19	18	16	15	14	13	11	10	9	8	6	5	4	3		8.0
40 m	18	17	16	14	13	12	11	10	8	7	6	5	4	2		8.3
42 m	17	16	15	14	13	12	10	9	8	7	6	5	3	2		8.7
Tiefe	Dekotauchgänge auf Meeresniveau								Grundzeit in min							bar/min

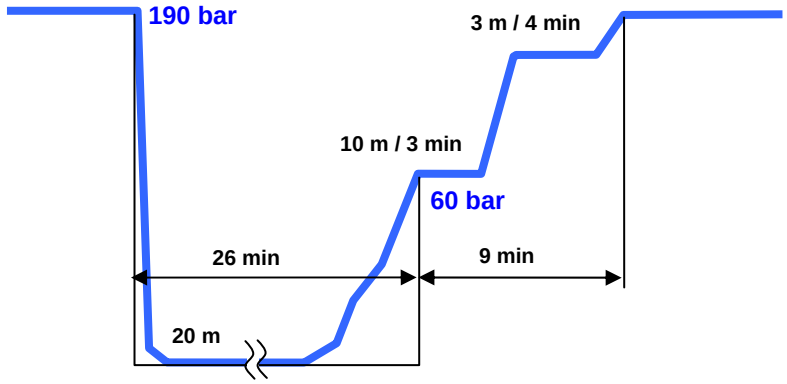
Dekozeiten verringern den verfügbaren Druck um 10, 20, 30 oder 40 bar. Die Grundzeit wird kürzer.
Der tiefe Stopp muss nicht mehr mit 50 sondern mit 60, 70, 80 oder 90 bar erreicht werden.

Bei **Wiederholungstauchgängen** sind meist Dekozeiten zu erwarten. Wenn man für die Dekompression von vornherein 10 bar reserviert, müssen die geplanten Grundzeiten selten korrigiert werden. Für die Bestimmung der Grundzeit werden daher in diesem Beispiel vom gemessenen Flaschendruck 10 bar abgezogen.

Rechnerische Grundzeit = *Grundzeit + Zeitzuschlag = 26 min + 14 min* = **40 min**

Nächstgrößere Tiefe = 21 m
Nächstlängere Zeit = 44 min
Dekovorschrift = 4 F

21 34' E	44		4	F
	53		8	F
	58		12	G
	65		16	H



Es ist eine Dekopause von 4 min in 3 m erforderlich. Da der Druckausgleich in der Lunge auch durch einen Dekostopp gesichert wird, entfällt bei Dekotauchgängen der 5 m-Stopp und die Dekoreserve verlängert sich um 3 min. Für die Dekompression wird - wie geplant - 10 bar Atemgas benötigt. Der tiefe Sicherheitsstopp muss mit *50 bar + 10 bar* = **60 bar** erreicht werden: *Druck für den Aufstieg = 50 bar + Druck für die Dekompression*

6.5.3 Noch 2 praktische Beispiele

Wie lange dauert die „Resttauchzeit“ in 15 m Tiefe mit 90 bar in einer 12 Liter Flasche?

12 Liter	200 bar	190 bar	180 bar	170 bar	160 bar	150 bar	140 bar	130 bar	120 bar	110 bar	100 bar	90 bar	80 bar	70 bar	60 bar	
5 m	60	56	52	48	44	40	36	32	28	24	20	16	12	8	4	2.5
8 m	53	49	46	42	39	35	32	28	25	21	18	14	11	7	4	2.8
10 m	45	42	39	36	33	30	27	24	21	18	15	12	9	6	3	3.3
12 m	41	38	35	33	30	27	25	22	19	16	14	11	8	5	3	3.7
14 m	38	35	33	30	28	25	23	20	18	15	13	10	8	5	3	4.0
16 m	35	32	30	28	25	23	21	18	16	14	12	9	7	5	2	4.3
18 m	32	30	28	26	24	21	19	17	15	13	11	8	6	4	2	4.7
20 m	30	28	26	24	22	20	18	16	14	12	10	8	6	4	2	5.0
22 m	28	26	24	22	21	19	17	15	13	11	9	7	5	3	2	5.3
24 m	26	24	22	21	19	18	16	14	12	11	9	7	5	3	2	5.7
26 m	25	23	21	20	18	17	15	13	12	10	8	7	5	3	2	6.0
28 m	24	22	21	19	17	16	14	13	11	9	8	6	5	3	2	6.3
30 m	23	21	20	18	17	15	14	12	11	9	8	6	5	3	2	6.7
32 m	21	20	19	17	16	14	13	11	10	9	7	6	5	3	2	7.0
34 m	20	19	18	16	15	14	12	11	10	8	7	5	4	3		7.3
36 m	20	18	17	16	14	13	12	10	9	8	7	5	4	3		7.7
38 m	19	18	16	15	14	13	11	10	9	8	6	5	4	3		8.0
40 m	18	17	16	14	13	12	11	10	8	7	6	5	4	2		8.3
42 m	17	16	15	14	13	12	10	9	8	7	6	5	3	2		8.7
Tiefe	Dekotauchgänge auf Meeresniveau								Grundzeit in min							bar/min

15 m liegen zwischen 14 und 16 m

90 bar reichen in 15 m Tiefe noch für 10 min.

50 bar bleiben für den Aufstieg

Dekozeiten verringern den verfügbaren Druck um 10, 20, 30 oder 40 bar. Die Grundzeit wird kürzer.
Der tiefe Stopp muss nicht mehr mit 50 sondern mit 60, 70, 80 oder 90 bar erreicht werden.

Im Verlauf eines Tauchgangs möchte der Taucher wissen, wie lange er mit seiner Luft noch in der aktuellen Wassertiefe auskommen wird. Er weiß, dass er den tiefen Sicherheitsstopp mit 50 bar erreichen soll.

In 15 m Tiefe, bei einem Druck von 90 bar verbleiben dem Taucher noch 10 min Resttauchzeit.

Zeigt der Computer bereits einige Minuten Dekompressionspflicht an, wird die Grundzeit entsprechend kürzer. Gibt das Computerdisplay (wie in unserem Beispiel) 4 Minuten Dekozeit vor, so muss der Taucher mit 60 bar beim tiefen Sicherheitsstopp eintreffen.

Hinweis: Eine Planungstabelle kann nur für einen durchschnittlichen Taucher berechnet werden, weil der Luftverbrauch nicht immer gleich ist. Körperliche Anstrengung ist oft nicht vorhersehbar und die Tagesverfassung ist nicht immer gleich. Auch nach langen Tauchpausen oder bei verstärktem Kälteempfinden muss mit einem höheren Verbrauch gerechnet werden. Wenn kleinere Flaschen verwendet werden wird empfohlen, den Druckverbrauch während des Aufstiegs zu überprüfen und den Aufstieg nicht erst mit 50 bar sondern schon mit einem höheren Flaschendruck zu beginnen. In 3-6 m Tiefe kann die Restluft verbraucht werden.

6.5.4 Wie wird die Seehöhe berücksichtigt?

Beispiel: Wie lang dauert die Nullzeit von 30 m in 1000 m Seehöhe?

Für 1000 m beträgt der Tiefenzuschlag 10 %. Man geht nicht mit der geplanten Tiefe, sondern mit der vergrößerten **„Rechentiefe“** in die Tabelle.

Tiefe	Zeit	Deko			RG
m	min	9m	6m	3m	
30	22			4	E
	28			8	F
16' D	33		2	10	G
	36		4	12	G

Rechentiefe = 30 m + 10 % = 30 m + 3 m = **33 m**

33	19			4	E
	24		1	7	F
13' D	29		3	9	G
	32		5	12	G

In 1000 m Seehöhe wird die Nullzeit von 16 auf 13 min verkürzt

6.6 Computer und Tabellen - Fragen und Antworten

1. Welche Anzeigen muss ein Taucher am eigenen Computer überprüfen?
   Batterieanzeige, Höhenbereich, eingestellte Sicherheitsstufe
2. Warum muss ein Taucher auch die Computeranzeigen seines Partners überprüfen?
   Wenn unterschiedliche Höhenbereiche oder Sicherheitsstufen eingestellt sind, können sich sehr große Abweichungen ergeben
3. Wie genau muss eine vorgegebene Dekotiefe mit Computer eingehalten werden?
   In der ersten Minute der Dekozeit darf keinesfalls weiter aufgestiegen werden (Handbuch beachten).
4. Darf ein Taucher sofort mit dem Tauchgang beginnen, wenn er am Tauchplatz eintrifft?
   Für jeden Computer gelten andere Vorschriften (Handbuch beachten)
5. Wie lang kann mit 190 bar in einer 12 Liter Flasche in 20 m Tiefe getaucht werden?
   Die Grundzeit beträgt 28 min
6. Ab welcher Tiefe muss mit einer 12 Liter Flasche beim Ersttauchgang mit Dekozeiten gerechnet werden?
   Ab 24 m
7. Wie groß ist der Druckverbrauch mit einer 12 Liter Flasche in 26 m Tiefe?
   6 bar/min
8. Wie viel bar Atemgas sind für 8 min Dekompression notwendig? *Mit der 12 Liter Flasche verbraucht man 8 min × 2.5 bar/min = 20 bar. Dieser Verbrauch kann als Durchschnittswert für Flaschen mit 10-15 Liter angenommen werden.*
9. Wie lange dauert die Nullzeit in 30 m Tiefe auf Meeresniveau?
   16 min
10. Wie lange dauert die Nullzeit in 30 m Tiefe und 1000 m Seehöhe?
    Der Tiefenzuschlag beträgt 10 %: 30 m + 10 % = 33 m. Die Nullzeit für 33 m sinkt auf 13 min
11. Ab welcher Tiefe muss mit einer 12 Liter Flasche beim Ersttauchgang auf Meeresniveau mit Dekozeiten gerechnet werden?
    Ab etwa 24m, weil die erreichbare Grundzeit länger wird als die Nullzeit.
12. Wie lautet die Dekompressionsvorschrift nach einem Tauchgang 30 m/ 20 min im Meer?
    Das Dekoprofil lautet 4 E
13. Wie lang muss die Oberflächenpause dauern, damit nach RG = E kein Zeitzuschlag mehr erforderlich ist?
    Das Oberflächenintervall muss 4 Stunden dauern
14. Wie groß ist der Zeitzuschlag, wenn der Tauchgang 30 m/20 min nach 2 Stunden wiederholt wird?
    Der Zeitzuschlag beträgt 9 min
15. Wie lang kann mit 90 bar in der 12 Liter Flasche in 20 m Tiefe weiter getaucht werden?
    Nach 8 min muss der Taucher den tiefen Stopp erreicht haben
16. Wie lang kann ein Taucher noch mit 30 bar in der 15 Liter Flasche dekomprimieren?
    30 bar : 2 bar/min = 15 min

7. Tauchpraxis

7.1 Schnorcheltauchen

Schnorcheln umfasst nicht nur „Tief-“, „Zeit-“ und „Streckentauchen“, sondern auch Streckenschwimmen mit Flossen an der Wasseroberfläche oder Übungen wie z.B. „Tauchen ohne Maske“ und „Geschicklichkeitstauchen“, welche der Kondition und Perfektion im Umgang mit der ABC-Ausrüstung dienen und für das Tauchen mit Atemgeräten unerlässlich sind.

Sicherheit hat Vorrang. Gesundheitliche Schäden können Folge einer Hyperventilation (Überatmung) vor dem Abtauchen oder eines erzwungenen Druckausgleichs sein, wenn das erforderliche theoretische Wissen um diese Gefahren fehlt. Nur eine gründliche Ausbildung und das strikte Einhalten von Sicherheitsempfehlungen können solche Probleme vermeiden.

7.1.1 Der Einstieg ins Wasser

- Etwas Wasser im Fußteil der Flossen erleichtert das Anziehen.
- Mit angelegten Flossen soll man grundsätzlich nur rückwärts gehen.
- Die Maskenscheibe bleibt meist klar, wenn man die trockene Scheibe innen mit Speichel benetzt und dann kurz abspült. Das Gesicht wird befeuchtet und die Maske aufgesetzt. Man muss darauf achten dass sich keine Haare unter dem Maskenrand befinden, da sonst Wasser zwischen Gesicht und Maske eindringen kann.
- Der Schnorchel wird links am Maskenband fixiert, das Mundstück mit den Zähnen festgehalten.
- Nachdem man sich davon überzeugt hat, dass der Einstieg ins Wasser möglich ist, ohne sich selbst oder andere zu gefährden, werden Schnorchel und Maske mit einer Hand gesichert. Ein Schritt seitlich oder rückwärts genügt – und schon ist man im Wasser.
- Beim Auftauchen wird eine Hand nach oben gestreckt und der Blick nach oben gerichtet, um Hindernisse rechtzeitig zu erkennen.
- An der Oberfläche wird der Schnorchel mit einem kräftigen Atemstoß ausgeblasen. Die Maske soll aufgesetzt und der Schnorchel im Mund bleiben, damit man sich an die Atmung durch den Schnorchel gewöhnt.
- Der Blickkontakt mit dem Tauchlehrer ist für die Kommunikation erforderlich.

7.1.2 Flossenschwimmen

Schnorcheln mit „ABC-Ausrüstung“ Maske, Schnorchel & Flossen

Mit gestreckten Armen und einem „Schwimmbrett“ in den Händen kann man sich am Anfang ganz auf den Beinschlag konzentrieren. Die Flossen werden zügig auf und ab bewegt. Die Bewegung soll dabei „aus der Hüfte“ kommen. Die Kniegelenke sollten möglichst wenig ab-

gewinkelt werden, um einen Kraft sparenden Vortrieb zu erreichen. Sog. „Rad fahren“, also Bewegungsabläufe, die hauptsächlich in den Kniegelenken erfolgen, müssen ebenso vermieden werden, wie Bewegungen, bei denen die Flossen über die Wasserlinie geführt werden.

Wenn die Flossen auf das Wasser schlagen oder die Auf- und Abwärtsbewegungen der Flossen zu klein sind, braucht der Schwimmer zwar viel Kraft, wird aber kaum vorwärts kommen.

7.1.3 Abtauchen

Abkippen

Vor dem Tauchen wartet man, bis sich die Atmung beruhigt hat. Dann wird 3 oder 4-mal durchgeatmet, noch einmal tief eingeatmet und die Luft angehalten. Das Abtauchen erfolgt aus der Schwimmbewegung. Der Oberkörper wird rechtwinkelig nach unten gebeugt, die Beine werden senkrecht gestellt und mit einem kräftigen Armzug wird abgetaucht. Erst wenn die Flossen vollständig unter Wasser sind, beginnen gleichmäßige, ruhige Flossenschläge, um weiter abzutauchen. Ein rechtzeitig (vor dem Auftreten von Schmerzen) durchgeführter Druckausgleich in den Mittelohren und in der Maske vermeidet Barotraumen im Kopfbereich. Werden Druckausgleichmanöver mehrfach und kurz hintereinander durchgeführt, wird der vollständige Druckausgleich in den Schädelhöhlen und in der Maske erleichtert.

Arm vorhalten

7.1.4 Auftauchen

Mit Blick zur Wasseroberfläche, um Hindernisse rechtzeitig zu erkennen, dreht man sich um die Längsachse des Körpers und steigt mit nach oben gestrecktem Arm auf. Das Auftauchen sollte immer langsam erfolgen, damit der Bewegungsablauf für das spätere Gerätetauchen selbstverständlich wird.

7.2 Tauchen mit Pressluft

Das Ziel der Übungen ist der sichere Umgang mit der Tauchausrüstung. Deshalb soll nach Möglichkeit im Schwimmbad (bis auf den Tauchanzug) dieselbe Ausrüstung wie später bei den Freiwassertauchgängen verwendet werden. Sporttauchen ist grundsätzlich ein Partnersport. Zwei Taucher können sich bei Bedarf gegenseitig helfen. Nach Möglichkeit sollten Partner mit gleichem Ausbildungsniveau die Übungen durchführen.

Die „Aufstiegsübung“ hat zum Ziel, das betonte Ausatmen bei jedem Aufstieg zur Selbstverständlichkeit werden zu lassen. Das Atemgas dehnt sich beim Auftauchen aus und muss ausgeatmet werden, um eine Überdehnung der Lunge zu vermeiden. Tarierübungen sind ein weiterer Schwerpunkt der Ausbildung. Das Erreichen des „schwerelosen“ Zustandes in jeder Wassertiefe wird dabei angestrebt.

! **Hinweis:** Sollte Wasser in die Maske eindringen, so kann man es problemlos wieder entfernen, ohne deswegen auftauchen zu müssen.

- Der Kopf wird nach hinten geneigt. Man schaut schräg nach oben in Richtung zur Wasseroberfläche, damit sich das eingeschlossene Wasser am unteren Maskenrand sammeln kann
- Die Maske wird leicht an die Stirn gedrückt, damit nach oben keine Luft entweicht.

- Man atmet gleichmäßig und „sparsam“ durch die Nase in die Maske aus und legt, wenn nötig, die Zunge an den Gaumen, damit die Luft auch wirklich durch die Nase in die Maske strömt.
- Nun beobachtet man, ob die aufsteigende Luft das Wasser vollständig aus der Maske nach unten verdrängt.

Für diese Übung sollte man sich Zeit nehmen, bis man sie perfekt beherrscht, denn das Ausblasen der Maske wird beim Tauchen wesentlich öfter erforderlich sein, als man sich das am Beginn der Ausbildung erwartet.

7.2.1 Vorbereitung

Zuerst wird das Jacket an der Atemgasflasche montiert. Dazu dreht man die Flasche, bis man hinter ihr steht (Gebrauchslage) und streift den Befestigungsgurt des Jackets über den Flaschenkörper. Die „Fangschlaufe“ wird über das Ventil gelegt. Sie soll verhindern, dass die Flasche aus dem Jacket rutscht, wenn sich der Befestigungsgurt lockern sollte. Befindet sich das Ventil gerade noch über dem oberen Rand des Jackets, wird der Gurt fest gezogen. Sitzt das Jacket zu tief, kann sich der Taucher beim Sprung ins Wasser und/oder beim Tauchen den Hinterkopf anschlagen.

Nun wird der Lungenautomat so montiert, dass der Mitteldruckschlauch und das Mundstück nach rechts zeigen. Der Inflatorschlauch wird am Einlassstutzen des Jackets angeschlossen und muss einschnappen. Danach wird das Flaschenventil „sanft“ bis zum Anschlag auf- und anschließend ½ Umdrehung zurück gedreht, um einen maximalen Gasfluss zu garantieren.

7.2.2 Funktionsprüfung

Atemregler: Der Schlauch des Finimeters enthält nach Öffnen des Flaschenventils Luft für mindestens zwei Atemzüge. Daher soll zur Probe 3-mal tief aus dem Automaten geatmet und dabei das Finimeter beobachtet werden. Der Zeiger darf sich nicht bewegen. Pendelt die Druckanzeige beim Atmen, strömt zu wenig Gas aus der Flasche in den Regler. Ursachen dafür können sein: Das Flaschenventil ist zu wenig aufgedreht, der Reservehebel ist in der falschen Stellung, Rostpartikel verlegen das Steigrohr in der Flasche oder den Sinterfilter in der ersten Stufe des Atemreglers teilweise. Liegt einer dieser Fehler vor, können schwerwiegende Atemprobleme auftreten. Die Ursache ist unbedingt vor dem Tauchen zu beheben, ggf. ist das Tauchgerät zu wechseln.

Jacket: Spätesten beim 3-Meter-Check wird es auf Dichtheit und Funktion der Ein- und Auslassventile geprüft. Das Belüften muss sowohl mit dem Inflator als auch mit dem Mund möglich sein, die Überdruckventile müssen beim Zusammendrücken des aufgeblasenen Jackets ansprechen und die Auslassventile müssen sich auf Zug bzw. Druck vollständig öffnen.

7.2.3 Sicherheitsmaßnahmen im Hallenbad

- Beim Anlegen der Tauchausrüstung ist darauf zu achten, dass der Bleigürtel nach dem Öffnen der Schnalle abgeworfen werden kann, ohne dass er an Ausrüstungsteilen hängen bleibt.
- Der sog. „Buddy-Check“ dient der Überprüfung der eigenen Ausrüstung und der des Partners. Funktionieren die Bedienelemente der Jackets? Wie viel Luft ist in der Flasche?
- Mit einem Blick auf die Wasserfläche überzeugt man sich, ob der Einstiegsbereich frei ist. Maske und Regler mit der einen, Pressluftflasche oder Jacket mit der anderen Hand sichern. Einstieg mit leicht aufgeblasener Weste. Sprünge sind am Anfang der Ausbildung zu vermeiden.

- Der Atemregler darf bei der Wechselatmung nie aus der Hand gegeben werden. Beide Taucher führen das Automatenmundstück mit je einer Hand, während der Partner mit der anderen Hand festgehalten wird.
- Der Aufstieg ist mit Hilfe der Flossen kontrolliert durchzuführen. Die sich im Jacket ausdehnende Luft erhöht den Auftrieb. Die überschüssige Menge muss rechtzeitig ausgelassen werden. Aus geringer Wassertiefe wird besonders langsam zur Oberfläche aufgetaucht.
- Beim Aufstieg zur Oberfläche ist darauf zu achten, dass immer gleichmäßig weiter geatmet und nie die Luft angehalten wird.
- Bei der Aufstiegsübung ohne Automat wird der Blick nach oben gerichtet, der freie Arm zum Schutz nach oben gestreckt und die Luft bewusst durch den Mund ausgeatmet.

Einstieg

7.2.4 Die wichtigsten Handzeichen

Alles in Ordnung ?
Ich habe Verstanden!

Gib mir Luft

Kein Druckausgleich

7.2.5 Übungen zur Beherrschung der Ausrüstung

Zum Tarieren (Schweben) wird gerade so viel Luft ins Jacket geblasen, dass man nach **tiefem Einatmen ohne zusätzliche Bewegungen** vom Boden des Schwimmbeckens abhebt. Man beginnt langsam zu steigen. Die Luft im Jacket dehnt sich aus und man muss gerade so viel Luft ausatmen, dass man nicht mehr weiter steigt. Beginnt man nach dem neuerlichen Einatmen wieder zu steigen, muss man etwas Luft aus dem Jacket lassen, um den vermehrten Auftrieb auszugleichen. Sinkt man hingegen ab, muss man tiefer einatmen oder etwas Luft ins Jacket strömen lassen. Entscheidend für den Auftrieb ist das Gesamtvolumen von Lunge und Jacket. Ein längeres Tauchen mit prall gefüllter Lunge zur Unterstützung des Auftriebs ist zu vermeiden.

Bei Tarierübungen kommt es darauf an, dass sich der Taucher **weder vom Boden abstößt, noch dass er den Auftrieb durch Armbewegungen unterstützt**. Er muss sich dafür Zeit nehmen, um zu erfahren, wie er den Schwebezustand mit seinem Jacket und seiner Atmung beeinflussen kann. Ruhiges Atmen sollte bei korrekter Tarierung keinen wesentlichen Einfluss auf den Schwebezustand haben.

Während des Aufstiegs dehnt sich die Luft im Jacket aus und erhöht die Aufstiegsgeschwindigkeit. Die Aufstiegsgeschwindigkeit der meist verwendeten Jackets wird „kontrolliert“, in-

dem man das Mundstück des Faltenschlauchs in Richtung Oberfläche anhebt und stoßweise kleine Mengen Luft aus dem Jacket auslässt. **Die Luft kann nur abgelassen werden, wenn der Faltenschlauch nicht durchhängt und das Mundstück des Faltenschlauchs höher liegt, als sein Anschluss am Jacket.** Bei neueren Tarierjackets ohne Faltenschlauch wird die austretende Luftmenge durch einen Ablassknopf, der sich direkt am Jacket befinden, gesteuert (siehe Bild).

Tarieren

„Schwebeübung“: Enthält das Jacket die richtige Luftmenge, wird die Tarierung mit der Lunge in unterschiedlichen Tiefen geübt.

„Aufstiegsübung“: Das Tauchgerät wird unter Wasser abgelegt (Luft auslassen), dann wird ohne Gerät langsam zur Oberfläche aufgestiegen. Dabei ist bewusst auf die Ausatmung zu achten.

„Gerät antauchen“: Mit der ABC-Ausrüstung wird zum Tauchgerät, das auf dem Grund des Schwimmbades liegt, abgetaucht. Wenn der Schlauch des Reglers von rechts kommt, kann problemlos aus dem Gerät geatmet werden. Bei offenem Flaschenventil wird zuerst in den Lungenautomaten ausgeatmet, um das Wasser aus der zweiten Stufe des Reglers zu verdrängen. Nun wird das Tauchgerät angelegt. Wenn man zuerst mit dem rechten Arm durch die rechte Armöffnung des Jackets schlüpft, bleibt auch der Atemschlauch rechts und kann sich nicht um den Hals wickeln.

„Alternative Luftversorgung“: Während der Partner seinen Hauptregler weiter benützt, wird aus seinem Zweitautomaten (Octopus) geatmet. Eine weitere Übung ist die sog. „Wechselatmung“ mit dem/den Partner(n). Es wird dabei abwechselnd aus einem Mundstück geatmet. Da die gerade nicht atmenden Taucher die Luft anhalten müssen, sollten nicht mehr als 2 Atemzüge pro Person vorgegeben werden.

7.2.6 Übungen zur Stressbewältigung

„Tauchen ohne Maske“: Dabei kommt es auf eine konzentrierte Mundatmung an, um einen Wassereintritt durch die Nase zu verhindern.

„Gerät antauchen ohne Maske“: Die Bewältigung einer gestellten Aufgabe bei äußerst eingeschränktem Sehvermögen stellt an den Taucher hohe Anforderungen.

„Rettung eines bewusstlosen Tauchers“: Der Retter nimmt die Position hinter dem „Bewusstlosen“ ein. Eine Hand umfasst den Unterkiefer des Opfers, öffnet den Mund und platziert den Automaten in dessen Mund. Durch Zug am Unterkiefer, bei gleichzeitiger Überstreckung des Halses, wird der Automat fixiert und weiterer Wassereintritt in die Atemwege verhindert. Die Zunge kann den Rachenraum nicht durch Zurücksinken verschließen. Hingegen kann die sich in der Lunge ausdehnende Luft ohne Gefahr einer Lungenüberdehnung jederzeit abströmen.

Man geht davon aus, dass „Retter“ und „Opfer“ tariert sind. Das Stabilisieren der Schwimmlage erfolgt durch Luftzufuhr ins eigene Jacket (das man ja besser kennt und bedienen kann) und bei Bedarf durch zusätzliche Flossenschläge, um ein weiteres Absinken zu verhindern.

Rettungsübung

Aus dem Jacket des „verletzten“ Tauchers wird vorsichtig etwas Luft ausgelassen, so dass dessen Kopf etwa in Brusthöhe des Retters positioniert wird. Die Überstreckstellung des Halses erlaubt jederzeit eine Kontrolle des Gesichtes, der Automatenfunktion und der Jacket- Ventile des „Verletzten“, während seine etwas negative Tarierung dafür sorgt, dass er nicht eine unkontrollierbare Lage einnimmt, indem er nach oben wegschwebt. (Trägt das Opfer einen „Trockentauchanzug“, muss der Arm, an dem sich das Auslassventil befindet, mit der Hand, die den Unterkiefer fixiert, unterfahren werden. Dadurch ist auch eine Bedienung bzw. eine Kontrolle dieses Ventils möglich).

Wird der Auftrieb der Jackets in geringerer Tiefe stärker, muss aus beiden Jackets soviel Luft ausgelassen werden, dass die Aufstiegsgeschwindigkeit kontrolliert werden kann und die Position des Bewusstlosen nicht verändert wird. Lässt man irrtümlich zu viel Luft aus dem Jacket des Verletzten, kann man den Abtrieb durch zusätzliche Flossenschläge ausgleichen, das eigene Jacket bleibt als Auftriebsmittel wirksam. Entweicht aus dem eigenen Jacket zuviel Luft, kann nur Flossenarbeit ein Absinken verhindern, während durch Betätigen des Inflators der Auftrieb wieder hergestellt wird.

Passiert etwas Unvorhersehbares, wodurch der Retter gefährdet wird, sinkt zwar der Verletzte leichter ab, der Retter kann aber mit hoher Wahrscheinlichkeit die Oberfläche erreichen (der Eigenschutz des Retters steht an erster Stelle).

An der Wasseroberfläche wird in beide Jackets so viel Luft eingeblasen, dass beide Taucher stabilisiert sind und der Verletzte zum Beckenrand, ans Ufer oder zu einem Boot transportiert werden kann. Ist der „Verunfallte“ noch bewusstlos, wird die Lage wie bei der Bergung unter Wasser beibehalten: Der Hals bleibt überstreckt und der Lungenautomat im Mund. Der Retter zieht den Verunfallten durch Zug am Unterkiefer hinter sich her. Im Falle eines Atemstillstandes und einer längeren Schwimmstrecke kann eventuell eine Beatmung durch Drücken des Duschknopfes im Intervall durchgeführt werden.

Ist der Gerettete hingegen bei Bewusstsein, hält der Retter seinen Partner an den Flossen und schiebt ihn vor sich her. Der Retter kann auf diese Art das Opfer beobachten und eventuell mit ihm sprechen.

Erfolgt die Übung vom Boden eines Schwimmbeckens aus, sollte sich der Retter nicht von diesem abstoßen, sondern nur den Auftrieb der Jackets nützen. Stößt er sich vom Boden ab, wird er meist zu schnell, lässt oft zu viel Luft aus und sinkt erneut ab. Die Kontrolle des Auftriebs durch Betätigen beider Jackets ist das Ziel dieser Übung.

7.2.7 Ablegen und Versorgen der Ausrüstung

An der Wasseroberfläche angekommen, wird das Jacket soweit mit Luft gefüllt, dass eine gute Schwimmlage gewährleistet ist. Ist die Wasseroberfläche ruhig, kann man seine Tauchermaske nach unten ziehen, bis sie um den Hals hängt. Hier ist sie gut platziert und gegen Verlust gesichert. Die Maske wird zuletzt abgenommen und in einer geeigneten Box oder im Fußteil der Flossen aufbewahrt, um eine Beschädigung der Gläser zu vermeiden.

Wenn der Bleigurt abgenommen wird, hält man ihn am freien Ende (nicht an der Schnalle) fest, damit sich keine Gewichte lösen und versinken. Der Gurt wird auf den Beckenrand gelegt, danach das Jacket ausgezogen. Nun wird das Gerät mit dem Standfuß voraus auf den Beckenrand geschoben.

Nach dem Aussteigen wird das Flaschenventil geschlossen und der Automat durch Betätigen des Duschknopfes entlüftet. Die Kupplung des Inflatorschlauchs wird am Jacket geöffnet, danach werden Automat(en) und Jacket von der Flasche demontiert. Die Tauchflaschen werden hingelegt, damit sie nicht umfallen können. Das Anschlussstück der ersten Stufe des Atemreglers wird mit einer trockenen Schutzkappe verschlossen, um das Eindringen von Wasser zu verhindern. Lungenautomaten werden so abgelegt, dass ein Knicken der Schläuche vermieden wird und dass keine schweren Gegenstände auf sie zu liegen kommen.

In das Jacket eingedrungenes Wasser muss durch die Luftablassventile entleert werden. Ein vollständiges Entleeren gelingt nur dann, wenn der Anschluss des Faltenschlauchs den tiefsten Punkt des Jackets bildet. Nach dem Entleeren wird das Jacket etwas aufgeblasen und die Vergurtung geschlossen.

7.3 Tauchausbildung im Freiwasser

Der Taucher muss sich vor dem ersten Tauchgang im Freiwasser mit seinem Computer vertraut machen. Ein gut passender Kälteschutzanzug ist unbedingt erforderlich. Die Verwendung von 2 unabhängigen Automaten erhöht die Sicherheit, falls im Kaltwasser einmal ein Automat vereisen sollte.

Um die Tarierung zu erproben, muss ein durchschnittlicher Taucher mit 1 kg Blei pro Millimeter Anzugstärke rechnen und weitere 2 kg Blei für den Auftrieb der restlichen Ausrüstung ins Jacket einstecken. An der Wasseroberfläche wird das Jacket entlüftet und der Taucher atmet aus. Sinkt er dann nicht ab, muss er noch zusätzliches Blei einstecken. Bei tiefer Einatmung soll der Taucher im Wasser nicht absinken. Wenn er nach oben schaut, soll er durch seine Maske noch die Trennlinie zwischen Wasser und Luft sehen können. Sinkt der Taucher trotz tiefer Einatmung ab, muss die Bleimenge verringert werden.

! **Hinweis:** Meerwasser hat eine ca. 2 ½ % höhere Dichte als Süßwasser. Der Auftrieb ist daher im Meerwasser größer und man muss bei Verwendung der gleichen Ausrüstung 2 - 3 kg mehr Blei mitführen, als im Süßwasser. Sollen die zusätzlichen Bleigewichte „aufgefädelt“ werden, muss der Gurt lang genug sein.

7.4 Sicherheitsregeln

7.4.1 Vor dem Tauchgang

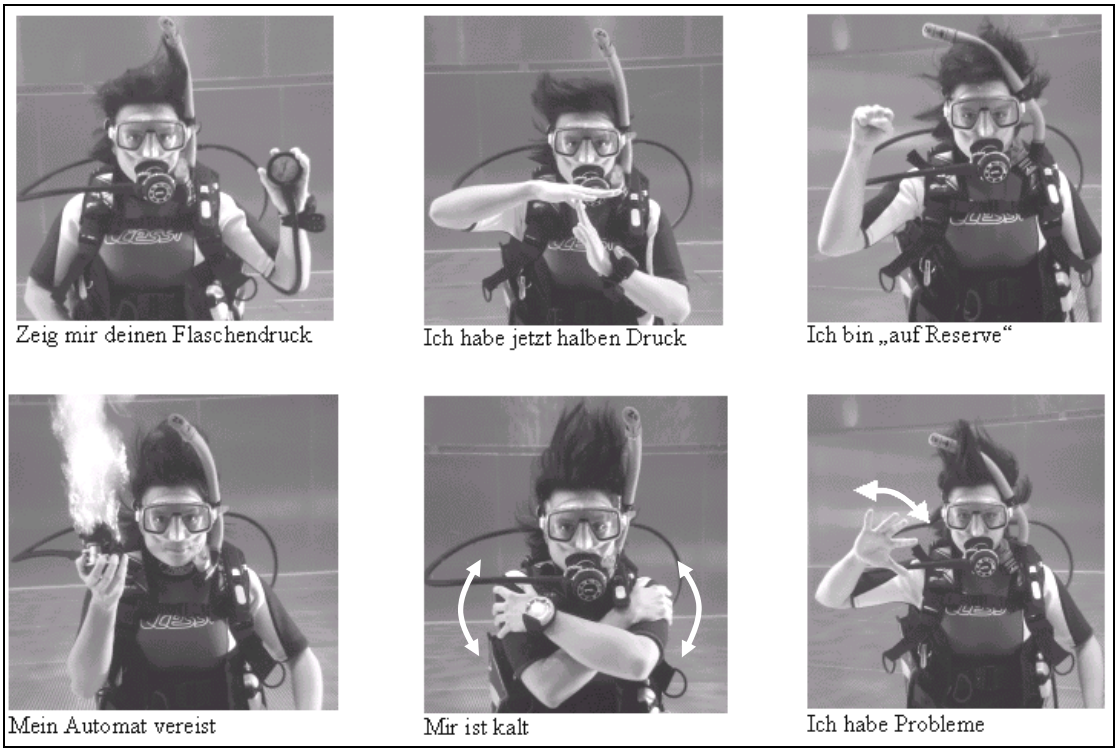
- Das **Unfallmanagement** für den Tauchplatz muss den Gegebenheiten angepasst und vor dem Tauchen festgelegt werden. Wo sind Notfallkoffer und Sauerstoff, welche Möglichkeiten der Kontaktaufnahme mit dem Rettungsdienst (Tel 144) oder Euronotruf (Tel 112) gibt es, ist ein Mobilfunknetz nutzbar, welche ist die beste Anfahrtsroute, gibt es eine Landemöglichkeit für einen Hubschrauber?

- Die **eigene Ausrüstung** wird auf Vollzähligkeit und Funktion überprüft
- Eine **Vorbesprechung** („Briefing“) ist abzuhalten: Wie soll der Tauchgang durchgeführt werden, was ist zu erwarten?
- Beim **Computervergleich** werden Höhenbereich, evtl. Entsättigungszeiten und Sicherheitsstufen verglichen und wenn nötig eingestellt.
- Die **Tauchgangsplanung** ist der nächste Schritt: Wie lang wird die vorhandene Luft in der geplanten Tiefe reichen, welche Nullzeit (oder Dekozeit) ist zu erwarten, mit welchem Flaschendruck müssen wir den Aufstieg beginnen?
- Nach dem Anlegen der Ausrüstung erfolgt die **gegenseitige Überprüfung** der Ausrüstungsgegenstände und deren Funktion (sog. „Buddy Check“)

7.4.2 Während des Tauchgangs

- Beim **„3 Meter Check“** werden Lungenautomaten, Flaschendruck, Tarierverhalten und Druckausgleich überprüft. Treten Luftblasen aus einem Leck? Erst danach wird weiter abgetaucht. Versuche nicht, den Druckausgleich mit Gewalt herbeizuführen.
- Der **Abstand zum Partner und zum Grund des Gewässers** muss an die Verhältnisse (z.B. Sichtweite, Schlamm, fester Untergrund usw.) angepasst werden. Ohne Bodensicht darf nicht getaucht werden.
- Guter Sichtkontakt mit dem/den Partner(n) und das **Tauchen auf gleicher Höhe** sind wichtig, weil nur dadurch die **Verständigung durch Handzeichen** und die gegenseitige Beobachtung möglich sind. Bei stark eingeschränkter Sicht (wenn z.B. Schlamm aufgewirbelt wurde) müssen sich Tauchpartner oft gegenseitig festhalten, um nicht unfreiwillig getrennt zu werden.
- Tauchpartner müssen wiederholt **Flaschendruck und Computeranzeigen überprüfen** und gegenseitig vergleichen. Erreicht der Flaschendruck 100 bar, ist das dem/den Tauchpartner(n) anzuzeigen. Der tiefe Sicherheitsstopp muss spätestens mit einem Flaschendruck von 50 bar erreicht werden. Der Taucher muss selber erfahren, welchen Druck er für seinen („standardisierten“) Aufstieg benötigt.
- **Partnerverlust:** Wird man von einem Partner getrennt, müssen nach einer kurzen Rundumsicht alle Taucher der Gruppe unter Einhaltung der Sicherheitsstopps zur Oberfläche aufsteigen. Fehlt ein Taucher, wird nach aufsteigenden Luftblasen gesucht, denen man ggf. folgen kann. Wenn man selbst im Wasser treibt, sind Luftblasen anderer Taucher an der Oberfläche nur schwer zu sehen. Bei Wellengang wird das Lokalisieren von Luftblasen weiter erschwert. Die Entscheidung über ein neuerliches Abtauchen zum vermissten Taucher hängt von den jeweiligen Umständen (Tauchtiefe, Restluft, Ausbildungsstand der restlichen Gruppenmitglieder, Sicht, Strömung usw.) ab. Wenn ein Taucher nicht innerhalb kürzester Zeit zur Oberfläche kommt, muss in jedem Fall ein Hilferuf abgesetzt werden, bevor eine selbständige Suche unter Wasser eingeleitet wird.
- **Luft schlucken:** Dringt während des Tauchganges Wasser in die Mund- und/oder Nasenöffnung ein, sollte dieses ausgeblasen und nicht geschluckt werden, da beim Schlucken immer auch komprimiertes Atemgas in den Magen gelangt. Macht sich beim Aufstieg ein Spannungsgefühl im Bereich des Oberbauches bemerkbar, muss der Luft vor einem weiteren Aufstieg die Möglichkeit zum Entweichen durch die Speiseröhre gegeben werden.
- **Tief ein- und ausatmen:** Nach dem Ausatmen verbleibt im Reglergehäuse sauerstoffarme Luft mit einem erhöhten CO_2-Gehalt. Wird nur flach geatmet, ist der Anteil dieser Pendelluft groß und der Taucher kann davon Kopfschmerzen bekommen.

Die wichtigsten Handzeichen während des Tauchgangs



7.5 Übungstauchgänge

7.5.1 Gewöhnungstauchgang

Der erste Tauchgang im See ist ein Gewöhnungstauchgang, der dem Verhalten des Tauchschülers angepasst wird. Schwerpunkte des Tauchgangs sind Gewöhnung an die „fremde“ Umgebung, Einhalten einer stabilen Schwimmlage, bewusstes Atmen und Tarieren. Der verbrauchte Druck kann näherungsweise zur Bestimmung des Atemminutenvolumens und damit des „durchschnittlichen Druckverbrauchs“ für die nächsten Tauchgänge dienen.

7.5.2 Übungen zur Beherrschung von Ausrüstung und Aufstieg

- Einstellung des Computers, Tauchgangsplanung mit Tabelle
- Tarieren in unterschiedlichen Tiefen, Einhaltung einer stabilen Schwimmlage, Einhaltung einer vorgegebenen Tiefe mit und ohne Flossenschlag
- Übung des „standardisierten“, blasenarmen Aufstiegs. Erreichen des tiefen Stopps spätestens mit einem vorher vereinbarten Flaschendruck bzw. mit 50 bar.
- Aufblasen der Signalboje über Wasser
- Rückkehr zum Ufer mit Kompass

7.5.3 Übungen zur Stressbewältigung

- Maske ausblasen
- Simulation von Luftnot, Alternative Luftversorgung
- Oral tarieren
- Simulation eines vereisten Atemreglers. Dabei muss das Flaschenventil des „vereisten“ Automaten abgedreht und später wieder aufgedreht werden.
- Aufblasen der Signalboje unter Wasser

- Rettungsübung
- Abstieg ohne Bodensicht
- Ein Tauchschüler kann und soll eine Übung ablehnen, wenn er sich dabei nicht wohl fühlt. Die Wiederholung der Übung ist auch zu einem späteren Zeitpunkt möglich.

7.5.4 Praktische Empfehlungen für sicheres Tauchen

Halte dich körperlich fit. Die Dekompression wird von deiner Kreislauffunktion und dem Zustand deiner Gewebe entscheidend beeinflusst.

Tauche konservativ, indem du Trainingszustand, Lebensalter, Übergewicht usw. durch kürzere Grundzeiten und verlängerte Stopps berücksichtigst. Tauche nur in Tiefen, für die du ausgebildet wurdest.

Tauche mit einem möglichst „gleichwertigen" Tauchpartner, tauche nicht, wenn du dich nicht wohl fühlst und tauche nicht mit vollem Magen. Bleibe bei deinem Partner, denn die meisten Unfälle ereignen sich erst, wenn Partner voneinander getrennt worden sind.

Verlasse dich beim Ausleihen von Ausrüstungsgegenständen nicht darauf, dass sie dir später passen werden und einwandfrei funktionieren. Du solltest alle im Trockenen probieren und überprüfen!

Ein Taucher hat im „blauen Wasser" nichts verloren, er muss immer den Grund des Gewässers sehen können. Niemand kann im blauen Wasser erkennen, wohin ihn die Strömung trägt. Jeder Aufstieg ohne Orientierungspunkte stellt ein Risiko dar.

Kämpfe am Ende des Tauchgangs nicht gegen die Strömung, weil durch die Anstrengung Bläschen erzeugt werden. Lege den Tauchgang so, dass dich die Strömung zurück trägt.

Sei vorsichtig („besser 5 min lang feige, als ein Leben lang tot").

„Rudere" nicht mit den Armen. Wenn du tariert bist, genügen zur Stabilisierung der Schwimmlage und zur Fortbewegung die Flossen.

Beobachte deinen Partner und handle mit Hausverstand. An seiner Schwimmlage und Atmung erkennst du, ob er Probleme hat. Entferne dich nicht zu weit von ihm.

Blende deinen Partner nicht mit der Lampe. Vereinbare mit deinem Partner „Handdruckzeichen" falls es einmal „stockfinster" sein sollte.

Wenn Probleme auftreten: Zuerst einmal innehalten und Ruhe gewinnen, ruhig durchatmen, überlegen und dann erst handeln. Probleme, die unter Wasser aufgetreten sind, lassen sich mit Hilfe des Tauchpartners meist auch unter Wasser lösen. So vermeidest du das Aufkommen einer Panik! Ein unkontrollierter Notaufstieg kann ernste Folgen haben.

7.6 Notfälle

Sicheres Tauchen erfordert Umsicht und die Beobachtung des Partners. Aus seinem Verhalten erkennt man, ob er sich wohl fühlt oder Hilfe braucht. Ein einzelnes Problem ist meist zu bewältigen. Meist sind es mehrere (menschliche oder gerätetechnische) Fehler, die in einem Notfall enden, wenn sie gleichzeitig auftreten und nicht mehr beherrscht werden.

Schwere Tauchunfälle sind oft eine Folge von Unachtsamkeit, Leichtsinn und falscher Einschätzung. Nur ein sehr geringer Anteil ist auf eine ungenügende Dekompression zurückzuführen. Jeder Tauchgang sollte vorher geplant werden. Die Sicherheit eines Tauchers wird wesentlich gesteigert, wenn er jederzeit abschätzen kann, wie lange sein Luftvorrat noch reichen wird.

Immer wieder werden Taucher ohne Bodensicht von Strömungen abgetrieben. Im offenen Meer sind sie von Suchmannschaften bei Wellengang kaum auszumachen. Bei solchen Tauchgängen müssen geeignete Signalgeräte (Signalboje, Signalpfeife, Lampe, VHF-Notsender, Spiegel) ein fester Bestandteil der Tauchausrüstung sein. Tauchgänge in Wracks oder Höhlen erfordern eine eigene Ausbildung und Taucherfahrung. Oft ist die Sicherheit eine Frage der geeigneten Ausrüstung.

Zahlreiche Meereslebewesen wie z.B. Quallen, Korallen, Schnecken und Fische können Tauchern bei direktem Kontakt gefährlich werden. Aus Sicherheitsgründen und zum Schutz der Tiere und Pflanzen ist grundsätzlich ein entsprechender Abstand einzuhalten. Auch scheinbar harmlose Tiere, wie z.B. Kegelschnecken, können durch ihre Giftwirkung gefährlich werden. Jede Berührung sollte daher unterlassen werden. Auch eine „Handschuhpflicht" ist keine absolute Lösung, da viele Taucher meinen, mit Handschuhen erst recht alles anfassen zu müssen. Die Gefahr gebissen, gestochen oder vernesselt zu werden, oder einen elektrischen Schlag bei Berührung eines nicht erkannten Zitterrochens zu bekommen, ist zu groß. Vor Tauchreisen sollte man sich mit der Tier- und Pflanzenwelt des Zielgebietes vertraut machen, um die wichtigsten Gefahren kennen zu lernen.

Es ist vorteilhaft, Wiederholungstauchgänge mit demselben Partner durchzuführen, weil sich dabei gleichartige Dekompressionsprofile ergeben. Bei Ausfall eines Computers kann der Tauchgang mit den Instrumenten des Tauchpartners sicher beendet werden. Die größte Gefahr für einen Taucher ist jedoch seine Selbstüberschätzung. Situationsgerechtes Tauchen entsprechend dem Ausbildungsstand und der Erfahrung sind wichtige Faktoren für die Unfallverhütung!

Trotz Umsicht und guter Ausbildung sind Zwischenfälle beim Tauchen nicht absolut zu vermeiden. Auch Tauchlehrer können davon betroffen sein. Auf jeden Fall muss man versuchen, **Panik** zu **vermeiden**. Ruhe bewahren, überlegen und dann erst handeln sind die wichtigsten Schritte. Der Auftrieb wird durch exaktes Tarieren so rasch wie möglich sichergestellt. Der Aufstieg soll kontrolliert, nach Möglichkeit am Grund entlang unter Einhaltung der Sicherheitsstopps erfolgen. Ist der Auftrieb für den Aufstieg nicht ausreichend oder ist an der Oberfläche keine gute Schwimmlage zu erzielen, muss im Einzelfall der Bleigürtel entweder während des Aufstiegs oder an der Oberfläche, abgeworfen werden.

7.7 Umweltschutz

7.7.1 Verhalten des Tauchers

Jeder Taucher wünscht sich klares Wasser und möglichst viele Tiere, die er beobachten kann. Er hat keine Freude, wenn er plötzlich eine Schlammwolke vor sich hat, die ein unachtsamer Taucher vor ihm aufgewirbelt hat. Er fühlt sich gefährdet, wenn plötzlich vor ihm ein Taucher mit seiner Harpune herumfuchtelt. Er ärgert sich sogar, wenn der Fisch, den er gerade beobachtet, plötzlich flüchtet, weil sich ein neugieriger Taucher rücksichtslos nach vorne drängt.

Gedankenlose Taucher lassen ihren Zweitautomat oder die Taucherlampe frei herunter baumeln, bleiben damit an Korallen hängen und brechen sie ab. Anstatt zu tarieren, knien sie sich beim Fotografieren mitten in die Weichkorallen und reißen sie mit ihren Flossen ab. Rücksichtslose Taucher versuchen Langusten an ihren Fühlern aus ihrem Loch zu ziehen und wundern sich, dass sie diese „Antennen" plötzlich lose in der Hand haben.

Ungeduldige Taucher schwimmen den Großfischen nach und verjagen sie dadurch. Nicht einmal der Tauchpartner hat die Möglichkeit, sie in Ruhe zu beobachten. Manche glauben, sie müssten die Fische füttern. Die Fische gewöhnen sich daran und beißen den nächsten Taucher, weil sie sich auch von ihm Futter erwarten. Einzelne Taucher bekommen die Rechnung

dafür, dass sie alles angreifen. Sie werden gebissen, gestochen oder genesselt, oder sie bekommen einen elektrischen Schlag.

Jeder Taucher muss lernen, dass er Gast in der für ihn „fremden" Welt ist und sich entsprechend anpassen. Gutes Tarieren, ruhige Bewegungen, stilles Beobachten und geduldiges Abwarten ermöglichen einen Einblick in die reale Unterwasserwelt. „Altlasten" in Gewässern sind manchmal interessant, besonders wenn es sich dabei um Autowracks, versunkene Boote, Bäume oder andere Utensilien handelt, die schon viele Jahre dort liegen und von Tieren als Zufluchtsort genutzt werden. Tiere sind scheu, aber auch neugierig. Sie kommen aus ihren Verstecken und zeigen sich, wenn sie sich sicher fühlen. Hat man die Möglichkeit, ein solches, natürliches Verhalten zu beobachten, ist das die Rückmeldung, dass man sich unter Wasser richtig verhalten hat.

7.7.2 Schutz des Eigentums, Tauchgenehmigung

Jedes Gewässer hat einen Eigentümer, ohne dessen Erlaubnis nicht getaucht werden darf. Der Eigentümer kann für das Tauchen Auflagen erteilen. Einstiege werden oft auf bestimmte Areale beschränkt, mitunter auch Tauchplätze zugewiesen. An einzelnen Seen wird auch ein Entgelt für das Tauchen gefordert.

Taucher und Fischer vertreten Interessen, die sich nicht decken. Um Problemen aus dem Weg zu gehen, werden daher Tauchgenehmigungen oft nur für bestimmte Zeiten oder an bestimmten Orten erteilt, während Fischern andere Reviere zugewiesen werden.

7.7.3 Belastung heimischer Tauchgewässer

Der Tauchtourismus beeinträchtigt die Qualität der Tauchplätze. Wird ein See oder Fluss von mehreren Tauchern zugleich besucht, ist das Ufer im Zugangsbereich in kurzer Zeit von parkenden Autos und unzähligen Ausrüstungsgegenständen übersät. Es entsteht unvermeidbar Lärm, der Tiere verscheucht und die Idylle beeinträchtigt. Für Badegäste, die nicht tauchen, entsteht oft der Eindruck, dass Taucher wie eine Heerschar „einfallen" und Badeplätze vollständig beanspruchen. Eine entsprechende Rücksicht ist hier angezeigt. Bleiben nach dem Verlassen des Tauchplatzes noch Abfälle liegen, trägt das zusätzlich zum „Pauschalbild" der Taucher im negativen Sinn bei. Das Resultat ist absehbar.

Einzelne (oft künstlich angelegte) Seen werden als Wasserspeicher für die Stromerzeugung genutzt. Die oft erheblichen Schwankungen des Wasserspiegels verhindern das übliche Pflanzenwachstum. Errichtet man in solchen Gewässern Ausbildungsplattformen oder einen Unterwasser-Parcours, wird dadurch weder die Tier- noch die Pflanzenwelt beeinträchtigt. Häufig nehmen sogar Fische die „Kunstbauten" in Besitz und nutzen sie als Unterschlupf.

Der Schutz der Umwelt ist absolut erforderlich und jeder Taucher muss dazu beitragen, die Schönheit Natur zu bewahren.

7.8 Tauchpraxis - Fragen und Antworten

1. Was versteht man unter „Briefing"?
   Briefing ist eine kurze Besprechung vor dem Tauchgang, bei der die örtlichen Besonderheiten des Tauchplatzes beschrieben und Hinweise für die Sicherheit gegeben werden.
2. Wie viel Blei muss ein Taucher mitführen um richtig tariert zu sein?
   So viel, dass er mit leerem Jackett, voller Flasche und voll eingeatmeter Lunge etwas über Augenhöhe einsinkt und beim Ausatmen absinkt.

3. Wie verhält man sich bei Strömung im Meer?
   Der Tauchgang wird so angelegt, dass man mit der Strömung zum Boot oder zum Ausgangspunkt zurückkehren kann.

4. Was ist zu tun, wenn ein Lungenautomat vereist und abbläst?
   Man wechselt auf den Zweitautomaten und zeigt dem Partner den abblasenden Regler (Unterwasserzeichen). Der Partner dreht ihn ab und man beginnt gemeinsam mit dem Aufstieg.

5. Entsteht durch Fliegen nach dem Tauchen ein Dekompressionsrisiko?
   Ja, der verminderte Luftdruck beim Fliegen und bei Fahrten über höher gelegene Pässe kann Symptome der Dekompressionskrankheit verursachen, wenn die vorgeschriebene Wartezeit nicht eingehalten wird.

6. Was muss man bei Mehrfachaufstiegen beachten?
   Wiederholte Aufstiege (Druckverminderungen) bewirken, dass sich vermehrt Mikrobläschen ablösen, die zu gesundheitlichen Schäden führen können.

7. Wie reagiert man, wenn man seinen Tauchpartner verloren hat?
   Nachdem man sich überzeugt hat, dass der Partner nicht zu sehen ist, beginnt man mit dem blasenarmen Aufstieg. Findet man an der Oberfläche weder den Partner noch aufsteigende Blasen, muss Hilfe organisiert werden

8. In welcher Reihenfolge muss ich meine Ausrüstung ins Schlauchboot reichen, wenn keine Leiter vorhanden ist?
   Man lässt sich Fotoausrüstung, Lampe, Blei und Gerät abnehmen. Die Maske wird zum Kinn geschoben. Die Flossen werden erst im Boot ausgezogen.

9. Wie weit darf sich ein Taucher von seinem Partner entfernen?
   Je schlechter die Bedingungen (Sicht und Strömung), desto näher müssen Tauchpartner beieinander bleiben.

10. Auf dem flachen Grund habe ich die Orientierung verloren. Ich möchte wieder zum Ostufer zurück tauchen. Welchen Kurs muss ich einstellen?
    90 Grad

11. Wie muss man den Kompass halten, damit man richtig navigieren kann?
    Möglichst waagrecht, damit die „Windrose" frei schwimmen kann und nicht zu nahe an magnetisch aktiven Teilen, wie Tauchflaschen aus Stahl, Bojenketten oder Magnetschaltern von UW-Lampen.

12. Wie verhält sich ein Taucher ohne Bodensicht?
    Ohne Orientierungspunkte kann ein Taucher nicht feststellen, ob er abgetrieben wird. Ohne Begleitboot gefährdet er sich in hohem Maß.

13. Wie wird der Atemregler geprüft?
    3 mal tief atmen, das Finimeter darf sich nicht bewegen. Der Hochdruckschlauch speichert Luft für 2-3 Atemzüge.

14. Wie wird tariert?
    Wenn man unbeabsichtigt absinkt, bläst man Luft in kleinen Stößen ins Jacket. Steigt man auf, werden kleine Luftmengen abgelassen. Dabei muss das Mundstück des Faltenschlauchs immer höher liegen, als der Anschluss am Jacket.

15. Warum müssen Aufstiege ohne Bodensicht vermieden werden?
    Jeder Aufstieg ohne Bodensicht verschlechtert die Situation, weil sich ein Taucher nicht orientieren kann.

8 Anhang

Verwendete Quellen

[1]	Hammer, Morass, Raab: „Lehrbuch der Physik“, Oldenbourg Verlag Wien Schulbuch-Nr: 0492
[2]	B. Müller: „Berechnungsgrundlagen der Bühlmanntabelle 86“, NEREUS 1/1987. Seiten 4 – 6
[3]	K. Meier-Ewert: „Grundlagen der Dekompression und Berechnung von Dekompressionsprofilen mit Hilfe der ZH-L12-Koeffizienten“ DER TAUCHLEHRER 4/1986, Seiten 14 – 24
[4]	A. Marroni: „Project Safe Dive, Research Report 2“ ALERT DIVER 4/2000, Seiten 21 – 23
[5]	UWATEC: „Das Rechenmodell der Aladin Tauchcomputer“ http://www.uwatec.com
[6]	P.B. Bennett: „A Half the Depth of Dive Safety Stop?“ ALERT DIVER 1/2001, Seite 4
[7]	B. Müller: „Passfahrten und Fliegen ohne Druckkabine“ NEREUS (1/1988) Seiten 12 – 14
[8]	H. Zauchner, M. Rhomberg: „Empfehlungen für Dekompression & Aufstieg“, eine Empfehlung der Arbeitsgruppe des TSVÖ Mai 2001
[9]	H. Zauchner: „Tauchen am Bergsee“ Instruktorensitzung des TSVÖ April 2002
[10]	H. Zauchner, W. Beuster: Begleittext zu „Update Decompression“, einem TSVÖ-Seminar der 3 Kommissionen, Klagenfurt, Jänner 2005
[11]	E. Maiken: „Bubble Decompression Strategies“ DEEP TECH, Issue 6, 1995
[12]	A. Marroni: Introduction of extra deep stops in the ascent profile without changing the original ascent rates. „DSL“ Special Project 01/2000. Diving and Hyperbaric Medicine, Proceedings of the XXVI Annual Scientific Meeting of the European Underwater and Baromedical Society, R. Cali Corleo Ed. Malta 14-17 September, 2000: 1-8
[13]	A. Marroni: Instant speed of ascent vs. delta-p in the leading tissue and post-dive Doppler bubble production. „DSL“ Special Project 02/2001. EUBS 2001 Proceedings of the 27th Annual Meeting. U. van Laak Ed. Hamburg 12–16 September, 2001: 74–78
[14]	P.B. Bennett: What ascent profile for the prevention of decompression sickness? Recent Research on the Hill/Haldane ascent controversy. Paper presented at the 28th Annual Meeting of the EUBS, Bruges, 5-8 September 2002
[15]	B.R. Wienke: „Abyss/Reduced Gradient Bubble Model: Algorithm, Bases, Reductions, and Coupling to ZHL critical Parameters“ Southwest Enterprises Inc. P.O. Box 508 Santa Fe, N.M. 87504
[16]	A. A. Bühlmann, E.B. Völlm, P. Nussberger: „Tauchmedizin“ ISBN 3-540-42979-4
[17]	US Army Diving Manual SS521-AG-PRO-010, issue 1999

Verwendete Tabellen

Tabellen dienen zur Planung von Tauchgängen. Tabellen können weder DCS noch Luftmangel verhindern

12 Liter	200 bar	190 bar	180 bar	170 bar	160 bar	150 bar	140 bar	130 bar	120 bar	110 bar	100 bar	90 bar	80 bar	70 bar	60 bar	
5 m	60	56	52	48	44	40	36	32	28	24	20	16	12	8	4	2.5
8 m	53	49	46	42	39	35	32	28	25	21	18	14	11	7	4	2.8
10 m	45	42	39	36	33	30	27	24	21	18	15	12	9	6	3	3.3
12 m	41	38	35	33	30	27	25	22	19	16	14	11	8	5	3	3.7
14 m	38	35	33	30	28	25	23	20	18	15	13	10	8	5	3	4.0
16 m	35	32	30	28	25	23	21	18	16	14	12	9	7	5	2	4.3
18 m	32	30	28	26	24	21	19	17	15	13	11	9	6	4	2	4.7
20 m	30	28	26	24	22	20	18	16	14	12	10	8	6	4	2	5.0
22 m	28	26	24	23	21	19	17	15	13	11	9	8	6	4	2	5.3
24 m	26	25	23	21	19	18	16	14	12	11	9	7	5	4	2	5.7
26 m	25	23	22	20	18	17	15	13	12	10	8	7	5	3	2	6.0
28 m	24	22	21	19	17	16	14	13	11	9	8	6	5	3	2	6.3
30 m	23	21	20	18	17	15	14	12	11	9	8	6	5	3	2	6.7
32 m	21	20	19	17	16	14	13	11	10	9	7	6	4	3		7.0
34 m	20	19	18	16	15	14	12	11	10	8	7	5	4	3		7.3
36 m	20	18	17	16	14	13	12	10	9	8	7	5	4	3		7.7
38 m	19	18	16	15	14	13	11	10	9	8	6	5	4	3		8.0
40 m	18	17	16	14	13	12	11	10	8	7	6	5	4	2		8.3
42 m	17	16	15	14	13	12	10	9	8	7	6	5	3	2		8.7
Tiefe	Dekotauchgänge auf Meeresniveau								Grundzeit in min							bar/min

Dekozeiten verringern den verfügbaren Druck um 10, 20, 30 oder 40 bar. Die Grundzeit wird kürzer.
Der tiefe Stopp muss nicht mehr mit 50 sondern mit 60, 70, 80 oder 90 bar erreicht werden.

Addiere zur Tiefe 10 % pro 1000 m Seehöhe. Höhenintervall max. 2000 m. Wartezeit 30 min. Tauche mit Computer.

Tiefe	Zeit	Deko		RG
m	min	6m	3m	
12	155		4	G
142' G	176		8	H
15	88		4	G
79' G	102		8	H
18	62		4	F
50' F	69		8	G
	77		12	G
21	44		4	F
34' E	53		8	F
	58		12	G
	65		16	H
24	33		4	F
25' E	42		8	F
	47		12	G
	51	1	15	G
27	27		4	F
20' E	34		8	F
	39	1	11	G
	43	3	14	G

Tiefe	Zeit	Deko			RG
m	min	9m	6m	3m	
30	22			4	E
16' D	28			8	F
	33		2	10	G
	36		4	12	G
33	19			4	E
13' D	24		1	7	F
	29		3	9	G
	32		5	12	G
36	16			4	D
11' D	21		2	6	E
	25		3	9	F
	28		6	10	G
39	15			4	E
9' D	18		2	6	F
	22		4	8	F
	25	1	5	11	G
42	13			4	D
8' D	16		2	6	E
	20		4	8	F
	22	1	5	10	G

Oberflächenintervall [min]							"0" Std.	Flug Std.
						A	2	2
					B	20	2	2
				C	10	25	3	3
			D	10	15	30	3	3
		E	10	15	25	45	4	3
	F	20	30	45	75	90	8	4
G	25	45	60	75	100	130	12	5
H	65	95	130	180	240	340	24	7

RG

2007

12 m	111	82	57	37	25	19
15 m	88	59	41	29	20	16
18 m	68	44	33	25	17	14
21 m	53	37	28	22	15	12
24 m	42	30	24	20	13	11
27 m	35	26	21	18	12	10
30 m	30	23	19	16	11	9
33 m	27	21	17	14	10	8
36 m	24	19	15	12	9	7
39 m	21	17	14	11	8	7
42 m	19	16	13	10	7	6
Tiefe	Stickstoff-Restzeit [min]					

ZH-L16-B, Meeresniveau, Tiefe + 1 m
Grundzeit bis der erste Stopp erreicht ist
Aufstieg mit 10 m/min, 2. Stopp in 5 m

DEKO-PLANER

Tiefer Stopp = 3 min in halber Tiefe bei Tiefen ab 18 m. Stopps tiefer als 15 m müssen zur Grundzeit addiert werden.

Adressen und Telefonnummern

Rettungsdienst verständigen: 144, Kennwort „Tauchunfall“ – Fragen beantworten.

Klinische Abteilung für Thorax- und Hyperbare Chirurgie an der Medizinischen Universität Graz: 0316 385 2803, Kennwort „Tauchunfall“

Klinik für Anästhesie und Intensivmedizin an der Medizinischen Universität Wien:
01 40400 1001, Kennwort „Tauchunfall“

Nationale Divers Alert Network-Hotline für Deutschland und Österreich:
00800-DANNOTRUF für Mitglieder 00800-32 66 68 783, Kennwort „Tauchunfall“

Internationale Divers Alert Network-Hotline: +39 039 6057858, Kennwort „Tauchunfall“

Notizen